



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS  
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO  
REGIONAL**

**FERNANDO SILVA LIMA**

**COMPETITIVIDADE DO BIODIESEL:  
DESAFIOS E PERSPECTIVAS NA REGIÃO MATOPIBA**

**Palmas, TO  
2023**

**Fernando Silva Lima**

**Competitividade do Biodiesel:  
Desafios e Perspectivas na Região MATOPIBA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional da Universidade Federal do Tocantins (UFT), como requisito à obtenção do grau de Doutor (a) em Desenvolvimento Regional.

Orientador: Waldecy Rodrigues  
Coorientador: Nilton Marques de Oliveira

**Palmas, TO  
2023**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins**

---

L732c Lima, Fernando Silva.

Competitividade do Biodiesel:: Desafios e Perspectivas na Região MATOPIBA. / Fernando Silva Lima. – Palmas, TO, 2023.

122 f.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Desenvolvimento Regional, 2023.

Orientador: Waldecy Rodrigues

Coorientador: Nilton Marques De Oliveira

1. Biodiesel. 2. Modelo de Sistema Viável. 3. MATOPIBA. 4. Brasil. I. Título

**CDD 338.9**

---

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

**Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).**


**Fernando Silva Lima**

**Competitividade do Biodiesel:  
Desafios e Perspectivas na Região MATOPIBA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional. Foi avaliado para a obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento Regional e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.


Data de aprovação: 20/06/2023

Banca Examinadora

Documento assinado digitalmente  
 **WALDECY RODRIGUES**  
Data: 04/10/2023 21:57:36-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Dr. Prof. Dr. Waldecy Rodrigues – Orientador (UFT)

Documento assinado digitalmente  
 **NILTON MARQUES DE OLIVEIRA**  
Data: 06/10/2023 13:38:03-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Dr. Nilton Marques de Oliveira – Coorientador (UFT)

Documento assinado digitalmente  
 **ANA LUCIA DE MEDEIROS**  
Data: 08/10/2023 15:22:00-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Lúcia de Medeiros (UFT)

Documento assinado digitalmente  
 **FERNAN ENRIQUE VERGARA FIGUEROA**  
Data: 09/10/2023 14:22:32-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


---

Prof. Dr. Fernan Enrique Vergara Figueroa (UFT)

Documento assinado digitalmente  
 **ALCIDO ELENOR WANDER**  
Data: 09/10/2023 14:35:24-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Alcido Elenor Wander (UFG/EMBRAPA)

Documento assinado digitalmente  
 **VINICIUS SOUZA RIBEIRO**  
Data: 09/10/2023 14:48:09-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Vinicius Souza Ribeiro (IFTO)

A Deus, o autor da vida. A minha família e familiares por acreditarem em mim e por todo apoio e suporte de sempre.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, quero agradecer a Deus por ter permitido que eu atingisse o ápice da minha carreira profissional, conquistando, assim, o título de Doutor em Desenvolvimento Regional.

Em segundo lugar, agradeço à minha esposa e filha por estarem sempre ao meu lado, apoiando e motivando-me nas dificuldades durante este estudo.

Aos meus queridos pais e irmãos que sempre acreditaram na minha capacidade de vencer mais uma etapa na minha carreira profissional.

Ao meu sogro e minha sogra que sempre me aconselharam, oraram, motivaram e apoiaram-me para continuar firme em meio às provas.

Minha gratidão especial ao meu orientador, Professor Dr. Waldecy Rodrigues, ao meu coorientador, Professor Dr. Nilton Marques, que sempre estiveram dispostos a me orientar de modo que eu pude desenvolver e concluir este estudo.

Agradeço a todos os docentes do programa que contribuíram da melhor forma possível para o desenvolvimento desta pesquisa.

Agradeço, também, aos demais professores por aceitarem o convite para participar da banca examinadora e, ao mesmo tempo, por contribuírem para o aprimoramento deste trabalho. Por fim, agradeço aos colegas que, direta ou indiretamente, apoiaram-me até o final.

## RESUMO

O objetivo geral desta pesquisa foi analisar como a competitividade do biodiesel MATOPIBA pode tornar mais viável em um contexto cada vez mais dinâmico e complexo. A tese inicial é que a competitividade do biodiesel na região do MATOPIBA pode se tornar viável no cenário nacional e internacional é necessário haver um plano de desenvolvimento da competitividade do biodiesel local articulado por agentes públicos e privados, visando integrar a diversidade de matérias-primas disponíveis, especialmente as matérias-primas como sebo bovino. A metodologia de análise da competitividade do biodiesel MATOPIBA foi dividida em quatro artigos: 1) biocombustível e a complexidade econômica no contexto da competitividade global: casos comparados entre Estados Unidos, Brasil e China; 2) marco regulatório do biodiesel no Brasil; 3) a dinâmica do biodiesel e a competitividade do biodiesel no Brasil e MATOPIBA e; 4) a estrutura organizacional da competitividade do biodiesel na Região MATOPIBA. Tendo em vista o estudo realizado e discutido, fica evidente a necessidade de políticas públicas específicas para incentivar o uso de outras matérias-primas que não competem com a cadeia alimentar, como por exemplo o sebo bovino. Por fim, o estudo, confirma que adotar um plano de desenvolvimento da competitividade do setor, voltado diretamente para o aproveitamento de outras matérias-primas, incluindo um novo formato que atenda à realidade da agricultura familiar de cada região é uma alternativa viável.

**Palavras-chave:** Biodiesel. Modelo de Sistema Viável. MATOPIBA. Brasil.

## ABSTRACT

The general objective of this research was to analyze how the competitiveness of MATOPIBA biodiesel can become more viable in the national and international scenario in an increasingly dynamic and complex context. The initial thesis is that the competitiveness of biodiesel in the MATOPIBA region can become viable on the national and international scene, especially raw materials such as beef tallow. The MATOPIBA biodiesel competitiveness analysis methodology was divided into four articles: 1) biofuel and economic complexity in the context of global competitiveness: compared cases between the United States, Brazil and China; 2) regulatory framework for biodiesel in Brazil; 3) the dynamics of biodiesel and the competitiveness of biodiesel in Brazil and MATOPIBA and; 4) the organizational structure of biodiesel competitiveness in the MATOPIBA Region. In view of the study carried out and discussed, the need for specific public policies to encourage the use of other raw materials that do not compete with the food chain, such as bovine tallow, is evident. Finally, the study confirms that adopting a development plan for the sector's competitiveness, aimed directly at the use of other raw materials, including a new format that meets the reality of family farming in each region, is a viable alternative.

**Keywords:** Biodiesel. Viable System Model. MATOPIBA. Brazil.



## LISTA DE ILUSTRAÇÃO

|  |     |
|--|-----|
| Figura 1 - Resumo da Estrutura da Tese.....  | 17  |
| Figura 1 - Evolução do Registro de Patentes pelo Setor Governamental no Mundo (2019-2021).....   | 32  |
| Figura 2 - Evolução do Registro de Patentes pelo Setor Transportes no Mundo (2019-2021).....   | 34  |
| Gráfico 1 - Evolução das patentes entre os principais produtores de biocombustíveis do mundo entre 2019 e 2021   | 35  |
| Gráfico 2 - Comparação entre produção de biocombustível e geração de patentes no setor industrial, governamental e transportes entre países – EUA, Brasil e China entre 2019 e 2021..... | 36  |
| Figura 1 - Indústrias de Biodiesel Instaladas no Brasil até 2021.....  | 66  |
| Figura 2 - Ranking das maiores indústrias de biodiesel por capacidade de produção em m <sup>3</sup> no Brasil até dezembro de 2021.....  | 67  |
| Figura 3 - Ranking dos maiores estoques de biodiesel por tancagem em m <sup>3</sup> no Brasil até dezembro de 2021.....  | 68  |
| Figura 4 - Maiores indústrias de biodiesel que utilizaram a soja como principal matéria-prima em quantidade por m <sup>3</sup> no Brasil até dezembro de 2021.....                       | 69  |
| Figura 1 - Viable System Model (VSM).....  | 88  |
| Figura 2 - Localização do MATOPIBA.....  | 96  |
| Figura 3 - Níveis de Desdobramento vertical.....   | 101 |
| Figura 4 - Principais matérias-primas do MATOPIBA.....   | 102 |
| Figura 5 - Ilustração da Competitividade do biodiesel na Região MATOPIBA na perspectiva do VSM.....  | 104 |
| Quadro 1 - Descrição dos atores políticos, econômicos e sociais das organizações e instituições entrevistadas.....   | 93  |
| Quadro 2 - Missão, Visão e Valores do Biodiesel enquanto organização.....  | 99  |

## LISTA DE TABELAS

|  |    |
|--|----|
| Tabela 1 - Produção de biocombustível no mundo em mil barris de petróleo equivalente por dia em 2021 .....   | 30 |
| Tabela 2 - Capacidade instalada de Biocombustíveis líquidos em megawatts (MW) - 2022 ..  | 31 |
| Tabela 1 - Evolução do Marco Legal do Biodiesel .....  | 53 |
| Tabela 1 - Matéria-prima para produção de biodiesel em m <sup>3</sup> .....  | 71 |
| Tabela 2 - Vendas biodiesel b100 em dezembro de 2021 – em m <sup>3</sup> .....   | 73 |
| Tabela 3 - Ranking de capacidade de produção e estoque de biodiesel da indústria de biodiesel do MATOPIBA e suas concorrentes na venda para o DF e PA em 12/2021 em m <sup>3</sup> ..... | 76 |
| Tabela 4 - Percentual de utilização da Capacidade de Produção de Biodiesel em m <sup>3</sup> por mês entre as maiores indústrias que competem com a indústria do MATOPIBA .....          | 78 |
| Tabela 1 - Comparativo entre a produção de matéria-prima e produção de biodiesel na Região MATOPIBA entre 2019 e 2021 .....  | 97 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|          |  |
|----------|--|
| ABIOVE   | Associação Brasileira das Indústrias de Óleos Vegetais   |
| ANP      | Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis  |
| APROSOJA | Associação Brasileira dos Produtores de Soja   |
| BP       | International Limited  |
| CEIB     | Comissão Executiva Interministerial  |
| CNPE     | Conselho Nacional de Política Energética   |
| CRBIO    | Comitê RenovaBio   |
| CT-CB    | Comitê Técnico Integrado de Desenvolvimento do Mercado de Combustíveis Outros Petróleo Derivados e Biocombustíveis |
| EMBRAPA  | Empresa Brasileira de Pesquisa AgropecuáriaEPE Empresa de Pesquisa Energética                                      |
| EUA      | Estados unidos das Américas  |
| GEE      | Gases de Efeito Estufa   |
| IBGE     | Instituto de Geografia e Estatística   |
| IPEA     | Instituto de Pesquisa e Estatística  |
| IRENA    | International Renewable Energy Agency  |
| MAPA     | Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento  |
| MME      | Ministério de Minas e Energia  |
| PAP      | Plano Agrícola e Pecuário  |
| PDA      | Plano de Desenvolvimento Agropecuário do MatopibaPETROBRÁS<br>Petróleo Brasileiro SA                               |
| PGAA     | Programa de Garantia da Atividade Agropecuária   |
| PIB      | Produto Interno Bruto  |
| PL       | Projeto de Lei   |
| PNPB     | Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel RENOVABIO<br>Política Nacional de Biocombustíveis                 |
| SEAGRO   | Secretaria da Agricultura, Pecuária e Aquicultura  |
| TASCOI   | Transformation, Actors, Suppliers, Customers, Owners e Interveners   |
| UBRABIO  | União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene   |
| UFT      | Universidade Federal do Tocantins  |
| VSM      | Viable system model  |

## SUMÁRIO

|  |            |
|--|------------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>  | <b>13</b>  |
| <b>2. OBJETIVO .....</b>   | <b>16</b>  |
| <b>2.1 Objetivo geral.....</b>   | <b>16</b>  |
| <b>2.2 Objetivos específicos.....</b>  | <b>16</b>  |
| <b>3. RESUMO DA ESTRUTURA DA TESE .....</b>  | <b>17</b>  |
| <b>4. BIOCOMBUSTÍVEL E A COMPLEXIDADE ECONÔMICA NO CONTEXTO DA<br/>COMPETITIVIDADE GLOBAL: casos comparados entre Estados Unidos, Brasil e<br/>China (Artigo 1).....</b> | <b>20</b>  |
| <b>5. O MARCO REGULATÓRIO DO BIODIESEL NO BRASIL: os impactos ao longo<br/>dos anos (Artigo 2).....</b>  | <b>46</b>  |
| <b>6. ANÁLISE DA DINÂMICA DA COMPETITIVIDADE DO BIODIESEL NA<br/>REGIÃO DO MATOPIBA (Artigo 3) .....</b>   | <b>63</b>  |
| <b>7. A ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA COMPETITIVIDADE DO BIODIESEL<br/>NA REGIÃO DO MATOPIBA (Artigo 4) .....</b>  | <b>83</b>  |
| <b>8. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE.....</b>  | <b>115</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>   | <b>118</b> |
| <b>APÊNDICE .....</b>  | <b>121</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Este estudo aborda o desafio e as perspectivas de tornar o biodiesel mais competitivo no Brasil, especialmente na região do MATOPIBA, composta pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, que fazem parte do Plano de Desenvolvimento Agrícola, cujo objetivo, segundo Decreto nº 84447/2015, é promover e coordenar políticas públicas voltadas para o desenvolvimento econômico sustentável baseado na agricultura pecuária que resultam na melhoria da qualidade de vida da população (Brasil, 2015).

De forma, contextualizada, o MATOPIBA é uma área pertencente ao cerrado brasileiro, que é o segundo maior bioma da América do Sul, com vegetação nativa que varia de densas formações de dossel a campos naturais abertos (De Miranda *et al.*, 2014). Inclui sete tipos de formações savânicas, três tipos de pastagens, além de florestas secas e matas altas (Ribeiro; Walter, 2008).

No MATOPIBA, o Cerrado é uma biodiversidade com uma alta taxa de endemismo que inclui aproximadamente 4.800 espécies únicas de plantas ou vertebrados (Myers *et al.*, 2000; Françoso *et al.*, 2015). Seus serviços ecossistêmicos incluem alimentos, fibras e outros bioprodutos (por exemplo, óleos, resinas) (Lahsen *et al.*, 2016). Da mesma forma, os serviços de ciclagem de água do Cerrado são cruciais para a formação de chuva, meios de subsistência e agricultura em todo o país (Oliveira *et al.*, 2015, Hunke *et al.*, 2015, Spera *et al.*, 2016, Leite-Filho *et al.*, 2019).

Isto posto, acredita-se que diversas matérias-primas tenham sido produzidas ao longo dos anos para atender o mercado nacional e internacional de alimentos e biodiesel. No que diz respeito ao biocombustível, percebeu-se que entre 2021 e 2022 várias matérias-primas foram produzidas nesta região e destinadas ao mercado de biodiesel, como óleo de soja, outros materiais graxos, óleo de palma, gordura bovina, óleo de algodão e óleo de fritura (ANP, 2022).

Pode-se dizer que a soja tem sido a principal matéria-prima para a produção de biodiesel no Brasil e na Região do MATOPIBA tem sido um importante contribuinte para o desenvolvimento do setor como um todo. Por outro lado, diversos estudos, como o de Blanco, *et al.*, (2021) têm apontado que a expansão da soja na região vem promovendo impactos socioambientais tanto para as comunidades agroextrativistas, que vivem da agricultura tradicional, quanto para o bioma Cerrado (bioma local) que vem sofrendo com a perda da

biodiversidade local, desmatamento intenso e técnicas agrícolas agressivas que afetam os recursos naturais, como água e solo.

Há preocupações sobre a dependência elevada da soja no MATOPIBA para a produção de biodiesel. Em nível mundial, os recursos petrolíferos não comestíveis estão ganhando popularidade porque estão prontamente disponíveis em muitas partes do globo, particularmente em terrenos baldios impróprios para cultivos alimentares, eliminam a competição alimentar, reduzem o desmatamento, são mais eficientes, ecologicamente corretos, produzem subprodutos úteis e são muito econômicos quando comparado aos óleos comestíveis (Benti, 2023).

Para Ferrero, Faba e Eimer (2021), Balat (2011); Balat e Balat (2009), certas oleaginosas não comestíveis oferecem os seguintes benefícios em termos de crescimento, matéria-prima e adaptabilidade: (1) são adequadas para plantio em solos pobres e áreas não agrícolas com mínimo de necessidades de água e baixa fertilidade, (2) devido à cobertura do solo, podem ser cultivada em áreas secas [...], (3) têm grande potencial de reparação de solos danificados, proporcionam empregos rurais e reduzem as emissões de CO<sub>2</sub> em até 10 toneladas por hectare por ano, (4) não competem com os recursos agrícolas atuais, (5) eliminam a competição por alimentos e combustíveis, pois são impróprios para consumo humano devido a alguns perigos de seus componentes, (6) eles requerem menos terra arável e podem usar uma variedade de culturas, (7) durante o processo de conversão, eles podem produzir subprodutos benéficos que podem ser usados em outros produtos, processos químicos, (8) a maioria são resistentes a pragas e doenças, e (9) disponibilidade, maior riqueza de calor, renovabilidade, menor teor de enxofre, menor teor de aromáticos e biodegradabilidade são os principais benefícios dos óleos não comestíveis.

Diante desse entendimento, este estudo buscou abordar a diversificação de matérias-primas de fontes disponíveis na região, como sebo bovino e óleos não comestíveis, como alternativa para reduzir a dependência da soja na produção de biodiesel e, ao mesmo tempo, reduzir a concorrência com o setor de alimentos. Dadas as condições favoráveis para a produção de matérias-primas renováveis na região do MATOPIBA, é importante analisar os investimentos em pesquisa e desenvolvimento de tecnologias no contexto global, o marco regulatório no Brasil e a dinâmica do setor em nível nacional e regional para viabilizar e tornar o biodiesel mais competitivo no cenário nacional e internacional. Isto posto, pergunta-se: como a competitividade do biodiesel MATOPIBA pode tornar mais viável em um contexto cada vez mais dinâmico e complexo?

Diante do questionamento, é possível afirmar que a tese defendida é que a viabilidade do biodiesel depende da diversificação das fontes de matéria-prima, investimentos em tecnologias, reformulação de políticas públicas e alinhamento da produção de matéria-prima com as condições climáticas da região e a demanda local. Essas medidas são essenciais para tornar o biodiesel mais competitivo no cenário nacional e internacional.

Este estudo é motivado pela ausência de pesquisas recentes que avaliem a viabilidade do biodiesel na região do MATOPIBA, diante da dependência excessiva da soja como matéria-prima para a produção de biodiesel e de seus impactos na cadeia alimentar e na competitividade do setor no mercado nacional e internacional, como é o caso dos estudos realizados por Pousa *et al.* (2007), Finco e Doppler (2010), Sorda *et al.* (2010), César (2012), Antunes (2013), Zonin *et al.* (2014), Silva (2015), Oliveira *et al.* (2019), César *et al.* (2019), Barreiros *et al.* (2020) e Murta *et al.* (2021), como se mostra a seguir.

Pousa *et al.* (2007) estudou a história e política do biodiesel no Brasil. Finco e Doppler (2010) buscaram estudar a bioenergia e desenvolvimento sustentável: o dilema da segurança alimentar e das mudanças climáticas no cerrado brasileiro. Sorda *et al.* (2010) trouxeram à tona uma visão geral das políticas de biocombustíveis em todo o mundo. Zonin *et al.* (2014) realizou uma análise multicritério de matérias-primas agrícolas a partir de um estudo de caso da Bsbios Indústria e Comércio de Biodiesel Sul Brasil S/A e da Petrobrás no Brasil. Oliveira *et al.* (2019) avaliou se as metas inicialmente propostas pelo governo foram totalmente cumpridas, buscando identificar possíveis contratempos.

Silva (2015), em seu estudo, a partir de uma análise conjunta de diferentes matérias-primas destinadas principalmente aos agricultores familiares, analisou a evolução da situação do mercado de biodiesel no Brasil e as questões sociais do Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel (PNPB) em sua primeira década de existência e buscou compreender os fatores que influenciaram a competitividade da cadeia produtiva do biodiesel na Bahia, o que concluiu ser necessário propor algumas estratégias e propostas para melhorar o nível de competitividade do estado.

Antunes (2013), em seu estudo, com base em matérias-primas como óleo de soja e mamona, buscou avaliar a competitividade e eficiência do sistema de produção de biodiesel no Brasil, o que revelou que a soja para geração de biodiesel apresenta maior rentabilidade privada e social, sendo mais competitivo e eficiente em relação ao sistema de produção que utiliza óleo de mamona.

Cesar (2012), em sua tese, investigou se o ambiente institucional se torna decisivo para a competitividade das cadeias produtivas do biodiesel que promovem a inclusão social

para entender se o atual conceito de competitividade baseada na rentabilidade e na parcela de mercado é suficiente para promover a inclusão social.

Barreiros *et. al.* (2020), em seu estudo, mostrou o real impacto do biodiesel e coprodutos na lucratividade da biorrefinaria, inclusive mostrou que a produção de biodiesel pode ser rentável, mas não deve ser vista como o principal destino da soja, uma vez que há um mercado para suas outras frações.

Murta *et. al.* (2021) em seu estudo, mostrou as vantagens econômicas, sociais e ambientais do cultivo da palma em relação a outras oleaginosas em que descreve um projeto pioneiro utilizando uma mistura de biodiesel de óleo de palma (B20: 20% de biodiesel com diesel fóssil) em locomotivas ferroviárias utilizadas no transporte de minério.

Nesse sentido, é oportuno investigar a possibilidade de novas fontes de matéria-prima para a produção de biodiesel na região que possam contribuir para torná-lo mais competitivo e sustentável a longo prazo.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

Analisar como a competitividade do biodiesel MATOPIBA pode tornar mais viável em um contexto cada vez mais dinâmico e complexo, com foco na produção de matéria-prima renovável na região.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar um diagnóstico internacional do setor de biocombustíveis, a partir dos Estados Unidos, Brasil e China, a fim de verificar como os países têm tratado as estratégias de agregação de tecnologia e valor ao setor;
- Analisar o impacto da implantação do marco regulatório do biodiesel, constituído pela Lei 11.097/2005, sobre a produção e uso do biodiesel no Brasil;
- Analisar a viabilidade do biodiesel na região do MATOPIBA, levando em consideração a dinâmica da competitividade do setor no Brasil;
- Identificar oportunidades de melhoria na estrutura organizacional da competitividade do biodiesel MATOPIBA a fim de otimizar o processo produtivo do setor.

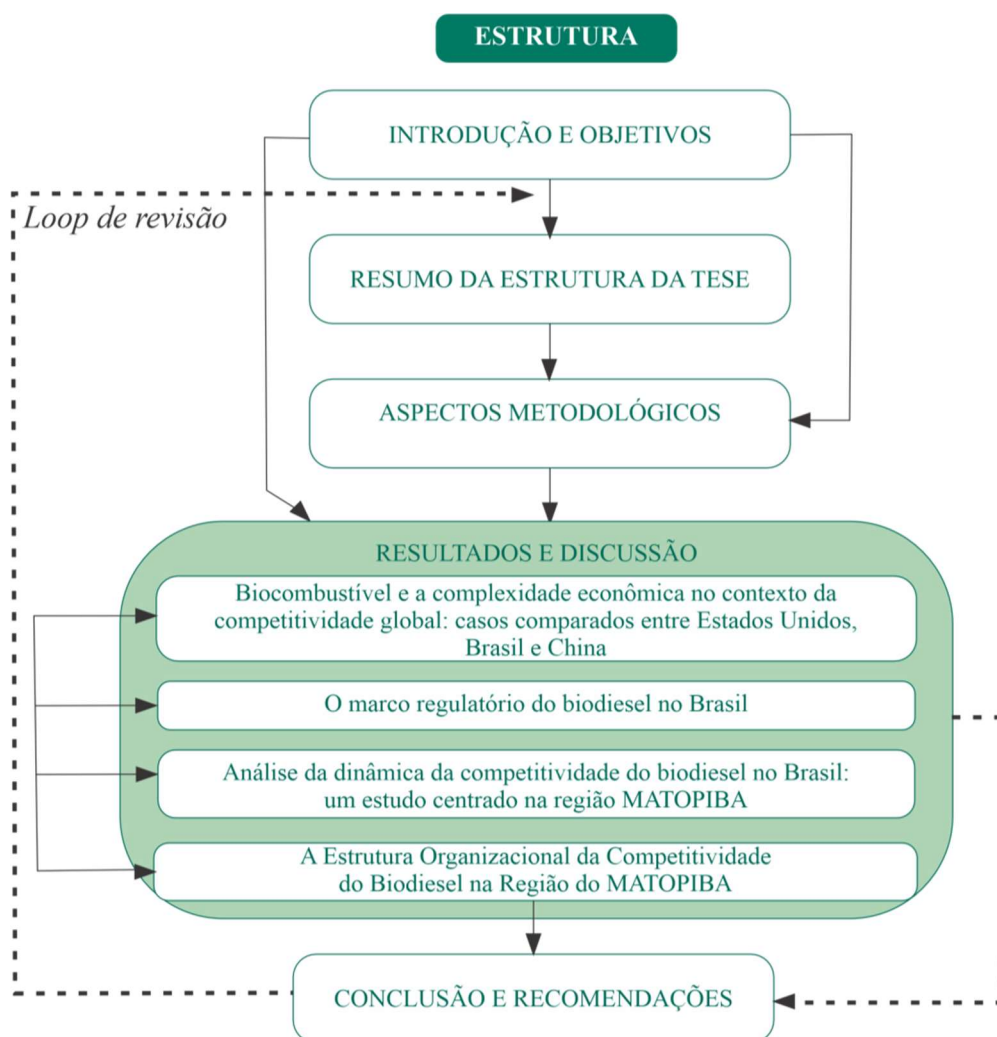


Por fim, o presente trabalho possui uma estrutura composta pela introdução, definição do objetivo geral, resultados apresentados e discutidos, além das conclusões e recomendações finais. Para alcançar o objetivo geral, foram utilizados artigos selecionados que serviram como base para o desenvolvimento do trabalho. Cada um desses artigos foi submetido a uma análise minuciosa, tendo em vista a sua contribuição para o estudo em questão. A metodologia utilizada na pesquisa foi guiada pelos objetivos propostos e pelos resultados obtidos em cada um dos artigos analisados. Ao final, foram apresentadas as conclusões e recomendações com base na análise dos resultados e no atendimento dos objetivos propostos.

### 3. RESUMO DA ESTRUTURA DA TESE

Para tanto, segue os elementos que compõem a estrutura da tese, conforme Figura 1.

Figura 1 - Resumo da Estrutura da Tese



Fonte: Elaborado pelo autor

Com base na figura 1, percebe-se que a estrutura da tese inclui:

1. **Introdução:** trata-se de uma contextualização sobre a região do MATOPIBA e as diversas matérias-primas que têm sido produzidas para atender ao mercado nacional e internacional de alimentos e biodiesel, sendo a soja a principal matéria-prima para a produção de biodiesel que compete diretamente com setor de alimentos.
2. **Artigo sobre Biocombustível e a complexidade econômica no contexto da competitividade global: casos comparados entre Estados Unidos, Brasil e China:** apresenta um diagnóstico internacional com os maiores países produtores para compreender a complexidade econômica do setor.
3. **Artigo sobre o marco regulatório do biodiesel no Brasil: os impactos ao longo dos anos:** busca apresentar as mudanças ocorridas recentemente que impactaram a competitividade do Biodiesel no Brasil e que se tornaram um marco regulatório para o setor entre 2010 e 2020 com base nos dados extraídos do Sistema de Movimentação de Produtoras da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).
4. **Artigo sobre análise da dinâmica da competitividade do biodiesel na região do MATOPIBA:** mostra o dinamismo do biodiesel no Brasil e especificamente no MATOPIBA em relação à capacidade de produção do setor, estoques, uso de tipos de matérias-primas e vendas que garantem a eficiência e competitividade do setor.
5. **Artigo sobre a Estrutura Organizacional da Competitividade do Biodiesel na Região do MATOPIBA:** analisa a complexidade do setor, considerando as diversas variáveis envolvidas, como diversidade de matérias-primas disponíveis, tendências do mercado nacional e internacional, legislação, inovações tecnológicas e mudanças recentes no setor, a partir da identificação da estrutura organizacional da competitividade do biodiesel do MATOPIBA em relação à disponibilidade matéria-prima produzida na região e sua utilização para a produção de biodiesel e as possibilidades de viabilidade do setor.
6. **Conclusão e recomendações:** Recapitulação dos principais pontos abordados na tese e dos principais desafios e perspectivas para o futuro da competitividade do biodiesel na Região MATOPIBA, inclusive apresentando as principais contribuições do estudo

para o debate sobre o biodiesel e para a busca por soluções sustentáveis para o setor e para a regional.

A metodologia aplicada para analisar a competitividade do biodiesel MATOPIBA foi composta por quatro artigos, cada um com seu método e objetivo específico. No primeiro artigo, analisou-se a evolução tecnológica e a complexidade econômica do setor de biodiesel em diferentes países, tendo como base Estados Unidos, China e Brasil. Foi realizada uma revisão da literatura de artigos e estudos sobre biocombustíveis e estratégias adotadas pelos países para desenvolver suas indústrias de biodiesel. Essa análise possibilitou identificar como os países vêm lidando com a questão do biodiesel e quais são as principais tendências mundiais nesse setor.

No segundo artigo, foram analisados os desafios e perspectivas para a produção e uso do biodiesel no Brasil. Foi realizado um estudo de caso sobre o setor brasileiro de biodiesel, considerando o marco regulatório, as políticas públicas e o mercado interno em si. Também foram levantados os principais desafios que o país enfrenta para desenvolver sua indústria de biodiesel e possíveis soluções para esses desafios.

No terceiro artigo, foi avaliada a viabilidade do biodiesel brasileiro na região do MATOPIBA em relação ao mercado e seus possíveis concorrentes. Foi realizada uma análise do mercado de biodiesel na região, considerando a demanda por biocombustíveis, a oferta de matéria-prima e a concorrência com outros países produtores de biodiesel. Esta análise permitiu identificar se a indústria de biodiesel na região é viável.

No quarto e último artigo, foi apresentada a resposta do que precisa ser feito para que o biodiesel se torne viável no MATOPIBA. Com base nas análises realizadas nos artigos anteriores, foram identificados os principais pontos fortes e fracos do setor de biodiesel na região, bem como possíveis soluções para os desafios enfrentados pelo setor. Essa análise possibilitou identificar as medidas que precisam ser adotadas pelos produtores, governo e demais atores relevantes para que o biodiesel se torne mais competitivo na região.

#### **4. BIOCOMBUSTÍVEL E A COMPLEXIDADE ECONÔMICA NO CONTEXTO DA COMPETITIVIDADE GLOBAL: casos comparados entre Estados Unidos, Brasil e China (Artigo 1)**

##### **RESUMO**

O presente estudo tem como objetivo realizar um diagnóstico internacional do setor de biocombustíveis, a partir dos Estados Unidos, Brasil e China, a fim de verificar como os países têm tratado as estratégias de agregação de tecnologia e valor ao setor. A metodologia deste estudo é análise de dados sobre a complexidade econômica do setor de biocombustíveis, relacionando indicadores de produção e inovação, do ponto de vista quantitativo e qualitativo. Situações muito claras são evidenciadas em termos de perspectivas internacionais para a evolução do setor de biocombustíveis entre os países selecionados neste estudo. Os Estados Unidos são líder mundial na produção de biocombustíveis e, também, aumentam sua liderança no domínio tecnológico por meio da geração de patentes, o Brasil, que também é um grande concorrente internacional, porém um setor menos complexo. Na era das patentes, a China, apesar de praticamente não aparecer como um grande produtor internacional, vem investindo na geração de novas tecnologias apostando, também, na complexidade do setor.

**Palavras-chave:** Desenvolvimento. Global. Biocombustível. Fontes Renováveis.

##### **ABSTRACT**

The present study aims to carry out an international analysis of the biofuels sector, from the United States, Brazil and China, in order to verify how the countries have treated the strategies of adding technology and value to the sector. The methodology of this study is data analysis on the economic complexity of the biofuel sector, relating production and innovation indicators, from the quantitative and qualitative point of view. Very clear situations are evidenced in terms of international perspectives for the evolution of the biofuel sector among the countries selected in this study. The United States is a world leader in the production of biofuels and also increases its leadership in the technological domain through the generation of patents in Brazil, which is also a major international competitor, however, a less complex sector. In the era of patents, China, despite practically not appearing as a major international producer, has been investing in the generation of new technologies, also betting on the complexity of the sector.

**Keywords:** Development. Global. Biofuel. Renewable sources.

## 1 INTRODUÇÃO

A viabilização da produção de biodiesel em uma região, mesmo com diversidade de matéria-prima, é um processo complexo que envolve diversos fatores, como disponibilidade e qualidade dos produtos primários, custos de produção, legislação e políticas de serviços públicos voltados para o setor local. Além disso, a complexidade econômica da região também é um fator importante a ser considerado, pois afeta a capacidade da região de inovar e adotar tecnologias para melhorar a eficiência e a qualidade da produção de biodiesel.

Bishop e Mateos-Garcia (2019) e Burlina e Antonietti (2020) destacam a importância da complexidade econômica na análise das atividades econômicas de uma região. A complexidade econômica refere-se à capacidade de uma região produzir uma ampla variedade de produtos com alto valor agregado, o que é um indicador de sua capacidade de inovação e de sua força competitiva no mercado global.

No entanto, conforme apontado por Hidalgo e Hausmann (2009), a complexidade econômica não se refere apenas ao volume de produtos produzidos, mas também ao conhecimento envolvido na produção. Portanto, a diversificação de matérias-primas para a produção de biodiesel pode ser vista como um processo de melhoria da complexidade econômica da região.

Por outro lado, conforme destacado por Faggio, Silva e Strange (2020), as economias de aglomeração podem levar à especialização econômica, o que pode limitar a diversificação das atividades econômicas em uma região. Isso pode ser um desafio para a produção de biodiesel, principalmente em áreas com forte especialização em outras atividades econômicas.

Em resumo, a viabilidade da produção de biodiesel em uma região com diversidade de matérias-primas depende da disponibilidade de recursos, custos de produção, políticas governamentais e complexidade econômica da região. A diversificação de matérias-primas pode ser vista como um processo de melhoria da complexidade econômica, mas pode ser limitada por fatores como especialização econômica e economias de aglomeração.

De acordo com as citações dos autores Bishop e Mateos-Garcia, Burlina e Antonietti e Hausmann e Hidalgo (2009), a complexidade econômica é um ingrediente chave para analisar a composição das atividades econômicas de uma área. Quanto mais conhecimento na produção houver, mais complexidade econômica será gerada. No entanto, a diversificação pode ser vista como um processo comumente oposto à especialização econômica, o que pode limitar a capacidade da região em inovar e adotar tecnologias para melhorar a eficiência e

qualidade da produção de biodiesel. Além disso, as economias de aglomeração podem levar a indústrias cada vez mais especializadas em um ambiente altamente empreendedor.

Portanto, a viabilização da produção de biodiesel em um cenário global é influenciada por uma série de fatores que envolvem conhecimento técnico, políticas governamentais e complexidade econômica da região. Baseado no exposto surgiu-se o seguinte questionamento: Como a postura adotada por Brasil, China e Estados Unidos em relação à evolução tecnológica aplicada à complexidade econômica do setor de biodiesel pode impactar a competitividade global desse setor?

Para responder essa questão, o objetivo geral deste estudo é realizar um diagnóstico internacional do setor de biocombustíveis a partir dos Estados Unidos, Brasil e China, a fim de verificar como os países têm tratado as estratégias de agregação de tecnologia e valor ao setor. Especificamente, pretende-se analisar a capacidade instalada de biocombustível em relação à produção no contexto internacional; avaliar o biocombustível em relação à inovação e tecnologia e; compreender a complexidade econômica do biocombustível no Brasil, China e Estados Unidos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Para Buckley, Pass e Prescott (1988), o conceito de competitividade é muito mais complexo do que se costuma admitir, sugerindo que a análise da competitividade não deve mais ser entendida e definida a partir de medidas parciais, ou seja, explicando o processo competitivo a partir de resultados técnicos isolados, seja de processos gerenciais ou de políticas organizacionais.

Para Lukosevicius, Marchisotti e Soares (2016), analisar o mundo pelas lentes da teoria da complexidade convida estudiosos e praticantes a vislumbrarem novas perspectivas, encontrar soluções diferentes e inovar abordagens nas quais tem implicações importantes, pois desafia o paradigma de um universo mecanicista, abrindo as portas para entender o mundo do ponto de vista de sistemas complexos. Do ponto de vista de Whitty e Maylor (2009), sistemas complexos não podem ter o comportamento inferido de seus componentes. Esse comportamento incerto pode explicar diversos fenômenos de natureza humana em geral. (LUKOSEVICIUS; MARCHISOTTI; SOARES, 2016).

Segundo Brătian (2014), a complexidade é uma característica da realidade que envolve uma abordagem não linear para seu estudo. As teorias e modelos baseados nesta abordagem não linear da realidade foram conformados em uma nova ciência, hoje conhecida como

Ciência da Complexidade, uma ciência que só pode ser assimilada na medida em que as propriedades e especificidades de um sistema complexo são percebidas, e que não deve ser confundido com os principais modelos, teorias e técnicas de medição que utiliza (teoria da bifurcação, teoria das redes, teoria da catástrofe, teoria do caos determinístico, geometria fractal, sinérgica etc. (BROCHE; MARINESCU, 2008).

Na perspectiva de Brătian (2014), os primórdios da ciência dos sistemas complexos foram traçados por Prigogine desde 1811, ano em que Jean-Joseph Fourier ganhou o Prêmio da Academia por sua discussão teórica sobre a propagação do calor em corpos sólidos. Para o autor, este momento marcou uma virada na física, pois a física, a matemática e a mecânica newtoniana deixaram de ser sinônimos. Como resultado, a partir desse momento, uma nova teoria da física, matematicamente tão rigorosa quanto às leis mecânicas do movimento e bastante diferente da física newtoniana, começou a tomar forma.

Brătian (2014) explica que, na termodinâmica, a teoria das estruturas dissipativas, formulada por Prigogine em termos de dinâmica não linear, conseguiu explicar não apenas o surgimento espontâneo da ordem, mas também ajudou principalmente na definição da complexidade. Para o autor, se antes dessa teoria o estudo da complexidade se referia principalmente ao estudo de sistemas complexos, a atenção dos pesquisadores voltou-se posteriormente das estruturas para os processos de emergência.

Dessa forma, Brătian (2014) define que sistemas complexos são sistemas que não podem ser previstos, que possuem uma evolução não linear que depende do todo, da condição geral, e não podem ser analisados pela metodologia mecanicista que envolve o princípio da superposição. Esse princípio nos diz que, se as variáveis que descrevem as propriedades de um sistema mudam ao longo do tempo, essa mudança é diretamente proporcional à mudança no estado do sistema naquela unidade de tempo.

Segundo Broche e Marinescu (2008), o todo complexo pode exibir propriedades que não são prontamente explicadas pela compreensão de suas partes, ou seja, em um sentido completamente não estatístico, muitas vezes pode exibir propriedades coletivas, características 'emergentes' que são legais por si mesmas, em que de maneira semelhante se descobre que sistemas complexos, tratados de maneira completamente não estatística, podem exibir propriedades emergentes, o deve-se à falha de tais sistemas em observar o princípio de ordem de Boltzmann, o qual implica que o estado acessível mais provável de um sistema surge quando a pluralidade de eventos, ocorrendo simultaneamente no sistema, compensa estatisticamente seus efeitos.

Dinga (2009) propôs um debate científico sobre o conceito de “sistema lógico vivo”, com os seguintes predicados necessários: é um sistema; é dissipativo; é não linear; tem capacidade autopoietica; e a complexidade total é invariante numa abordagem lógica dos fenômenos econômicos na perspectiva dos sistemas complexos.

Brătian (2014) diz que os sistemas complexos não podem ser compreendidos por meio do reducionismo, ou seja, dividindo o todo em partes componentes e somando-as, pois são constituídas por elementos que só fazem sentido na integridade do sistema, dado que os sistemas complexos evoluem de forma imprevisível (exceto por um curto período de tempo chamado 'horizonte de tempo'), podem sofrer mudanças repentinas de estado (bifurcações), possuem diferentes aspectos dependendo da escala de análise, não obedecem ao princípio da superposição e sua evolução é, portanto, imprevisível.

Ou seja, para Brătian (2014), os Sistemas complexos são sensíveis a condições iniciais (condições iniciais ligeiramente diferentes levam a desenvolvimentos muito diferentes têm capacidade autopoietica (auto-organização) e não obedecem ao princípio de ordem de Boltzmann, podem ser modelados e estudados em um espaço topológico equivalente denominado 'espaço de fase', que possui seus conceitos específicos: atratores e repulsores, bacia de atração, trajetórias, ciclos limite etc. Sistemas complexos são caracterizados por evolução e dinâmica, mas essas são duas questões distintas que requerem abordagens específicas (BRĂTIAN, 2014).

Para Pettigrew e Whipp (1993), o desempenho competitivo não depende apenas das características da empresa ou tecnologia, mas de um conjunto de habilidades combinadas e modelos de ação. Segundo Silva e Barbosa (2002), para analisar a competitividade, é necessário ter em mente a influência dos padrões setoriais e das características socioculturais presentes nas organizações e no ambiente em que atuam.

Nesse sentido, segundo Machado da Silva e Fonseca (1996) e Ferraz, Kupfer e Haguenaer (1997), a competitividade não deve ser vista apenas do ponto de vista técnico; os padrões de concorrência e os padrões institucionais devem ser conciliados, pois o ambiente exerce pressão para que as organizações sejam eficientes e eficazes, mas também para que se ajustem a padrões de ação considerados legítimos pela sociedade.

Nesse sentido, a teoria da complexidade estuda sistemas compostos por um grande número de agentes, que se integram para produzir estratégias de sobrevivência adaptativas para os componentes do sistema e para o sistema como um todo, desafiando o paradigma de um mundo regular e previsível e contrariando a ideia de que o mundo é representado pela metáfora de uma máquina (PONCHIROLI, 2007).



Lukosevicius, Marchisotti, Soares (2016) comentam que uma amostra disso ocorreu no episódio em que Einstein, nos primórdios da Teoria Quântica, afirmou que: “Deus não joga dados”, deixando claro sua rejeição à ideia de um universo de leis incertas. No entanto, a Teoria Quântica tem demonstrado que, no nível subatômico, a incerteza está constantemente presente, premissa também atestada pela Teoria da Complexidade sobre o funcionamento do mundo.

Historicamente falando, Wood Jr e Vasconcellos (1993) esclarecem que Jules-Henri Poincaré, matemático francês do século XIX, foi o primeiro a perceber comportamentos complexos em meio à regularidade newtoniana atual. Para Ponchirolli (2007), os principais estudos que permitiram o desenvolvimento da Teoria da Complexidade foram realizados nas décadas de 1960 e 1970 e sugeriram um modelo muito diferente do que se pensava até então, em que o determinismo foi substituído pela visão emergente presente na teoria do conhecimento científico, que são exemplos dessa influência: a mecânica quântica, a Teoria da Relatividade e a Teoria do Caos.

Portanto, para Ponchirolli, (2007); Thomas e Mengel (2008) e Saynisch (2010), a Teoria da Complexidade baseia-se nos achados de outras teorias, como: Teoria do Caos, Teoria da Evolução, Teoria da auto-organização, Teoria Cibernética, Teoria dos Desastres, Teoria Dinâmica Não-linear e Teoria Sistemática. Para Wood Jr. e Vasconcellos (1993), a união da Teoria do Caos com o paradigma da complexidade e a Teoria Sistemática constitui uma nova forma de olhar os sistemas complexos.

Segundo Bond-Smith e McCann, (2020); Frenken, Van e Verburg (2007), a mudança no processo de produção pode levar ao surgimento de serviços e produtos relacionados, que podem aumentar novamente a diversidade econômica e, por sua vez, promover maior especialização.

Pode-se visualizar não apenas o desenvolvimento do biodiesel a partir de produtos primários, mas o desenvolvimento da própria cadeia produtiva, pois esses possíveis processos recorrentes de diversificação e especialização mostram que esses dois conceitos não são necessariamente opostos, mas combinados em que conduz para uma maior competitividade econômica local (Hong; Xiao, 2016). Para Balland *et al.* (2022) aplicado a economias inteiras, o estudo da complexidade econômica surge como um campo relativamente recente, tentando vincular diversos fenômenos socioeconômicos a essas dinâmicas não lineares de sistemas complexos.

Notoriamente, o estudo da competitividade do biodiesel no Brasil está intrinsecamente alinhado com a teoria da complexidade, pois perpassa pela presença de produtos e serviços

inovadores e intensivos em conhecimento (Balland; Rigby, 2017). Cidades grandes [...] tendem a concentrar desproporcionalmente a inovação em suas empresas e processos produtivos (Balland *et al.*, 2022), geralmente associadas à economia do conhecimento pós-industrial (Murdoch, 2018; Sassen, 2005). A presença de serviços criativos nas cidades também contribui para maior geração de empregos e formação de novos negócios (BOSCHMA; FRITSCH, 2007).

No que diz respeito à formação de novos negócios, teoricamente, o estudo tende a compreender os fatores sobre a implantação de extrativistas de óleos vegetais e produtoras de biodiesel na região e seus avanços, por exemplo, no âmbito da implantação de diversas políticas, entre as quais em que incluem o Programa Nacional de Uso e Produção de Biodiesel (PNPB), a Política Nacional de Biocombustíveis (renovaBio), entre outros.

De acordo com Balland *et al.* (2022), a noção de complexidade econômica aumenta a caixa de ferramentas da economia de pelo menos duas maneiras. Primeiro, expande os métodos disponíveis para reduzir a dimensionalidade de um problema para estudá-lo. Uma abordagem comum em economia tem sido agregar dados: por exemplo, as contas nacionais usam dados de empresas, famílias, governos e alfândegas para calcular agregados como produto interno bruto, investimento, consumo, exportações e importações em que, nesse caso, as informações são coletadas adicionando diferentes entradas (BALLAND *et al.*, 2022).

Teoricamente, a complexidade econômica usa métodos de análise espectral e teoria de rede para reduzir a dimensionalidade dos dados a fim de preservar mais informações do que meros agregados à complexidade econômica, como o Índice de Complexidade Econômica (ICE) (Hausmann; Hidalgo, 2009), Fitness (Tacchella *et al.*, 2012) ou a capacidade de produção apresentada nesta edição especial por Bustos e Yildirim (2021), são exemplos de métodos espectrais (BALLAND *et al.*, 2022), os espaços de produto/indústria/tecnologia/ocupação desenvolvidos na literatura de relacionamento e complexidade são exemplos de métodos que usam informações sobre localizações e atividades para estimar novas medidas de proximidade entre atividades e localizações que são, então, estudadas como redes ponderadas. Por um lado, a teoria da complexidade econômica permite ao pesquisador levantar elementos sobre o biodiesel e a região para entender o processo de competitividade e o cenário do setor como um todo.

Em segundo lugar, a economia tem tido dificuldade em estudar a tecnologia, a qual tende a medi-la por meio de suas consequências: como parâmetro de mudança nas funções de produção agregada, como medida da produtividade total dos fatores (HULTEN, 2001). Teoricamente, por outro lado, a teoria da complexidade econômica permite mensurar as

consequências de uma mudança de comportamento em setores como a produção de biodiesel, em um cenário competitivo nacional e internacional no futuro.

No que diz respeito ao Desenvolvimento Regional, tomando como ponto de partida a teoria da complexidade econômica, lança-se um olhar diferente da ideia de Adam Smith de que a produtividade está relacionada à divisão do trabalho, captada em teorias do crescimento endógeno, como Grossman e Helpman (1991) e Aghion e Howitt (1992), além dos modelos ricardianos, conforme discutido por Eaton e Kortum (2002).

Isto posto, nota-se que a teoria da complexidade econômica discute o problema em questão, diferentemente do campo de debates recentes na teoria do desenvolvimento econômico, em que a ideia central do debate partiu da discussão de Prebisch (1950) sobre forte pressão em que a principal questão era a visão de que a dependência dos países em desenvolvimento na produção e exportação de matérias-primas os torna vulneráveis às flutuações de preços e taxas de câmbio, devido à baixa elasticidade-renda da demanda por commodities. Diferentemente desse viés, a teoria da complexidade, no campo do debate, tem como ideia central o produto e a forma como são produzidos em um país ou região.

Teoricamente, quando se consegue compreender a ideia central da teoria da complexidade e do desenvolvimento regional em conjunto, percebe-se que, na maioria dos modelos de crescimento econômico, a ciência e a tecnologia desempenham um papel central e seu desenvolvimento é o motor do crescimento econômico (SEPEHRDOUST; DAVARIKISH; SETAREHIE, 2019). No processo de avaliação das conquistas socioeconômicas da inovação na Europa, Estados Unidos, Japão e alguns países desenvolvidos na última década, muita atenção tem sido dada à questão da inovação (COZZENS *et al.*, 2002).

O crescimento econômico sustentável é amplamente explicado pelos desenvolvimentos em ciência e tecnologia e capital humano (Sepehrdoust; Davarikish; Setarehie, 2019). As atividades de pesquisa e desenvolvimento são uma das principais fontes de mudança na produção de conhecimento e tecnologia de um país. Nesse sentido, o nível de conhecimento dos países está diretamente relacionado aos tipos de produtos neles produzidos (SEPEHRDOUST; DAVARIKISH; SETAREHIE, 2019).

A produção de qualquer produto requer conhecimentos específicos. Quanto mais diversificada for a produção de um país, mais conhecimento e conhecimentos acumulados haverá (Sepehrdoust; Zamani Shabkaneh, 2018). Em outras palavras, o índice de complexidade econômica pode ser usado como uma medida do nível de conhecimento e habilidade de uma sociedade. Pode-se concluir que, se um produto requer um determinado

conjunto de conhecimentos e habilidades, então os países que detêm esse conhecimento essas habilidades são capazes de produzir produtos de alta tecnologia e possuem uma economia desenvolvida (BAHAR *et al.*, 2014).

Para Sepehrdoust, Davarikish e Setarehie (2019) o crescimento e o desenvolvimento têm sido tradicionalmente medidos por variáveis macroeconômicas, como o PIB, embora essas médias não consigam explicar a crescente diversidade associada apenas ao desenvolvimento econômico. Ao abordar a complexidade econômica no campo do desenvolvimento econômico, a variável de medição importante é a combinação e variedade de produtos de produção, bem como o nível de equipamento tecnológico utilizado para o crescimento econômico (GAO *et al.*, 2019).

No entanto, economias de baixa complexidade apresentam baixo acúmulo de conhecimento produtivo e menor diversidade de produtos (Sepehrdoust; Davarikish; Setarehie, 2019). Como os produtos desses países geralmente são fabricados por muitos países, eles são chamados de produtos inclusivos (HAUSMANN; HIDALGO, 2009).

Para Sepehrdoust, Davarikish e Setarehie (2019), da mesma forma, os produtos de minério que são amplamente utilizados publicamente geralmente requerem menores capacidades de produção, enquanto produtos menos difundidos e exclusivos requerem relativamente mais recursos para produzir, portanto, diversidade e inclusão são dois identificadores importantes para verificar a extensão da complexidade econômica de um país para um produto.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Os procedimentos metodológicos adotados para alcançar os objetivos propostos neste estudo estão divididos em três etapas: a) seleção da área de estudo; b) coleta de dados; e c) análise e interpretação de dados.

#### **3.1 Seleção da Área de Estudo**

Os países escolhidos para o estudo foram Estados Unidos, Brasil e China, por serem os maiores produtores e consumidores de biocombustíveis e, ao mesmo tempo, os que possuem mais participação de registros de patentes em biocombustíveis do mundo (IEA, 2006), (BP, 2019), (IRENA, 2020).

### 3.2 Coleta de dados

Inicialmente, foi realizada uma revisão da literatura sobre biocombustíveis. Em seguida, os dados foram coletados no Portal das Instituições: *International Limited* (BP) e *International Renewable Energy Agency* (IRENA). Depois, os dados foram transferidos, tabulados e convertidos em gráficos.

### 3.3 Análise e Interpretação dos dados

Após a elaboração dos gráficos, os dados foram analisados para entender o setor em termos de produção, capacidade instalada e patentes registradas, a fim de compreender, de forma panorâmica, a dinâmica do setor a partir das concepções da teoria da complexidade econômica.

Para Hausmann e Hidalgo (2009), a teoria da complexidade econômica não apenas demonstra que o volume de produtos produzidos em um país está associado à forma como são fabricados, mas também mostra que o conhecimento na produção é um diferencial nos países ricos, porque ocorre mais intensamente, portanto, quanto mais conhecimento houver, mais complexidade haverá. Nesse caso, a complexidade desempenha importante papel na sofisticação de um produto.

Existem dois conceitos básicos para avaliar se um país é economicamente complexo: a ubiquidade e a diversidade de produtos encontrados em sua agenda de exportação (Gala, 2017). Para o autor, se uma economia é capaz de produzir bens raros, complexos e não ubíquos, há uma indicação de que o país possui um tecido produtivo sofisticado.

Compreende-se que os bens não-ubíquos são divididos entre aqueles que possuem alto conteúdo tecnológico e, portanto, são difíceis de produzir, como avião e aqueles que são de natureza muito escassa, como os diamantes (GALA, 2017).

O termo sofisticação estende-se não apenas à produção de biocombustíveis, mas também à fabricação de carros híbridos e elétricos, pois é nesse processo que se cria produtos complexos com ampla integração entre empresas que precisam de uma infinidade de fornecedores e produtores, dentro e fora do país produtor que integra o processo de produção, chamado de cadeias globais de valor. Em geral, os produtos de alta conectividade são complexos e os de baixa conectividade não são complexos; nesse caso, a extração de petróleo não é complexa, mas, por outro lado, as máquinas em que o combustível é produzido são bastante complexas (GALA, 2017).

Considera-se que a economia, de forma geral, e um setor de forma específica só avançam estruturalmente com a evolução de seu nível de complexidade econômica, sua perspectiva de conexão com novos produtos complexos no espaço. Assim, há um processo sustentado que pode permitir a variação estrutural do PIB per capita, das exportações e da geração de emprego e renda sofisticados, com a demanda por mão de obra qualificada. Assim, a complexidade econômica de setores da economia explica como a renda per capita tem saltos históricos consistentes, saindo por exemplo uma região com renda média para renda alta (HAUSMANN, *et al.*, 2013).

Baseado na teoria da complexidade econômica, foram relacionados os dados coletados sobre a produção de biocombustíveis, sua transformação industrial e, também, o nível de inovação do setor nos países selecionados (Brasil, EUA e China). Posteriormente, foram colhidas informações sobre a evolução tecnológica em cada um destes países para aprofundamento da análise comparativa dos dados.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste estudo, foi considerado inicialmente a produção mundial de biocombustíveis, um indicador fundamental para avaliar a capacidade de produção em escala internacional. A tabela a seguir apresenta informações simplificadas sobre a produção de biocombustíveis em mil barris de petróleo equivalente por dia, juntamente com a participação percentual de cada país, o que traz à tona os líderes globais nesse setor, que desempenham um papel significativo na transição para uma matriz energética mais sustentável.

Tabela 1 - Produção de biocombustível no mundo em mil barris de petróleo equivalente por dia em 2021

| <b>Países</b>        | <b>Mil barris de petróleo equivalente por dia</b> | <b>%</b> |
|----------------------|---|----------|
| Estados Unidos       | 643   | 37%      |
| Brasil               | 376   | 22%      |
| Indonésia            | 140   | 8%       |
| China                | 64  | 4%       |
| Alemanha             | 54  | 3%       |
| França               | 48  | 3%       |
| Outra Europa         | 41  | 2%       |
| Tailândia            | 40  | 2%       |
| Outros Ásia-Pacífico | 40  | 2%       |
| Argentina            | 38  | 2%       |

|   |      |      |
|---|------|------|
| Holanda                                   | 38   | 2%   |
| Índia                                     | 37   | 2%   |
| Espanha                                   | 32   | 2%   |
| Canadá                                    | 22   | 1%   |
| Itália                                    | 21   | 1%   |
| Polônia                                   | 19   | 1%   |
| Coreia do Sul                             | 15   | 1%   |
| Colômbia                                  | 13   | 1%   |
| Outros Países da América do Sul e Central | 12   | 1%   |
| Suécia                                    | 11   | 1%   |
| Reino Unido                               | 10   | 1%   |
| Bélgica                                   | 9    | 1%   |
| Áustria                                   | 8    | 0%   |
| Finlândia                                 | 5    | 0%   |
| Portugal                                  | 5    | 0%   |
| Austrália                                 | 2    | 0%   |
| México                                    | 0    | 0%   |
| TOTAL                                     | 1743 | 100% |

Fonte: BP International Limited (2022). Adaptado pelo autor

Segundo os dados apresentados na Tabela 1, em 2021, os Estados Unidos lideraram a produção, alcançando 643 mil barris de petróleo equivalente por dia, o que representa aproximadamente 37% da produção mundial, indicando que o país tem um setor de biocombustíveis bem desenvolvido e uma capacidade significativa de produção. Em segundo lugar, temos o Brasil, que produziu 376 mil barris de petróleo equivalente por dia, correspondendo a cerca de 22% da produção mundial, apresentando-se como o segundo maior produtor mundial de biocombustíveis. Por fim, temos a China, que ficou em quarto lugar na produção mundial de biocombustíveis, o que se pode considerar que a China está abaixo dos Estados Unidos e do Brasil e Indonésia em termos de produção de biocombustíveis.

Tabela 2 - Capacidade instalada de Biocombustíveis líquidos em megawatts (MW) - 2022

| <b>Países</b>             | <b>Megawatts (MW)</b> |
|---------------------------|-----------------------|
| Itália                    | 918,6                 |
| Suécia                    | 895                   |
| República da Coreia       | 329                   |
| Alemanha                  | 230                   |
| Estados Unidos da América | 62,2                  |
| Ilha da Reunião           | 41                    |
| Turquia                   | 22,8                  |

|         |      |
|---------|------|
| Bélgica | 19,2 |
| Brasil  | 17,5 |
| França  | 9,7  |

Fonte: BP International Limited (2022). Adaptado pelo autor

A Tabela 2 mostra que embora o Estados Unidos seja líder na produção de biocombustíveis, sua capacidade instalada de biocombustíveis líquidos em megawatts (MW) no ano de 2022 é menor em comparação com países como Itália, Suécia, República da Coreia e Alemanha, o que indica que esses países têm maior capacidade de produção e utilização de biocombustíveis líquidos como fonte de energia. Por outro lado, o Brasil, embora seja o segundo maior produtor de biocombustíveis do mundo, tem capacidade instalada menor do que países como Ilha Reunião, Turquia e Bélgica.

Esses dados mostram que a liderança na produção de biocombustíveis não reflete necessariamente a capacidade instalada de geração de energia a partir desses biocombustíveis.

Como o maior produtor e consumidor de energia, a China tem um papel crítico na transição energética global. A China voltou-se para as energias renováveis para atender à sua crescente demanda de energia e reduzir a poluição do ar. A China também estabeleceu metas para reduzir suas emissões de carbono por unidade de produto interno bruto em 60-65% até 2030 em relação aos níveis de 2005, quando as energias renováveis desempenharão um papel fundamental. (GIELEN *et al.*, 2019).

Figura 1 - Evolução do Registro de Patentes pelo Setor Governamental no Mundo (2019-2021)



Fonte: IRENA (2022). Adaptado pelo autor.

Baseado na Figura 1 sobre registros de patentes de biocombustíveis no mundo entre 2019 e 2021 pelo setor governamental, nota-se que a China lidera com 3.045 registros, correspondendo a 61% das patentes registradas globalmente pelo setor governamental. Os



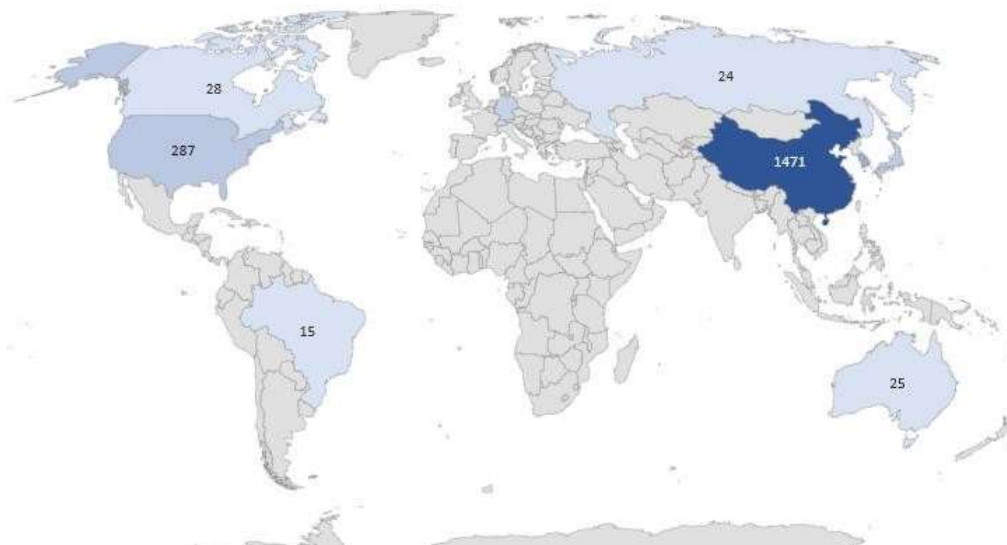
Estados Unidos registram 767 patentes, correspondendo a 15%, seguidos do Canadá com 130 patentes (3%), Austrália com 120 patentes (2%) e Brasil com 98 patentes (1%).

Esses números indicam um forte investimento do governo chinês em pesquisa, desenvolvimento e inovação no setor de biocombustíveis, resultando em um número significativo de patentes registradas. Isso reflete o avanço tecnológico e a implementação de soluções de engenharia na produção de biocombustíveis na China. Embora os Estados Unidos e o Brasil sejam grandes produtores de biocombustíveis, seus governos registraram uma proporção menor de patentes em comparação com a China.

Segundo Soccol *et al.* (2017), a China é o país com mais pedidos de patentes no mundo, com grande margem para Japão, Coreia do Sul, Estados Unidos, União Europeia e Rússia. Isso provavelmente se deve ao fato de que essa tecnologia só recentemente atraiu o interesse de cientistas e indústrias ocidentais, devido à sua aplicabilidade na produção de diversos produtos usando resíduos industriais como substrato.

Para os autores, o Brasil, como um dos mais importantes países agrícolas do mundo, carrega um forte potencial para FES devido a sua alta disponibilidade de resíduos sólidos, comumente utilizados como substrato neste tipo de fermentação. Não aparece no ranking mundial, mas vem depositando um número considerável de patentes em seu escritório de patentes local (173). É importante mencionar um grupo específico em Curitiba que tem contribuído imensamente para o desenvolvimento de tecnologias relacionadas à SSF no Brasil: o Departamento de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia da Universidade Federal do Paraná tem sido um dos grupos de pesquisa mais prolíficos nessa área, depósito de patentes desde o final da década de 1990, sendo forte na transformação de resíduos agroindustriais em produtos de alto valor agregado. A relevância desse grupo já foi discutida por (SOCCOL; VANDENBERGHE, 2003).

Figura 2 - Evolução do Registro de Patentes pelo Setor Transportes no Mundo (2019-2021)



Fonte: IRENA (2022). Adaptado pelo autor.

Baseado na figura 2, o setor de transporte registrou 2.975 patentes de biocombustíveis no mundo entre 2019 e 2021. A China lidera essa categoria, com 1.471 registros, correspondendo a 49% das patentes globais nesse setor. Os Estados Unidos possuem 287 patentes (10%), seguidos pelo Canadá com 28 patentes (1%), Austrália com 25 patentes (1%), Federação Russa com 24 patentes (1%) e Brasil com 15 patentes (1%).

A liderança da China, representando quase metade das patentes registradas, demonstra um interesse sólido com o avanço tecnológico e a implementação de soluções que promovem o uso de biocombustíveis no setor de transporte. Embora os Estados Unidos e o Brasil sejam importantes produtores de biocombustíveis, eles possuem uma quantidade menor de patentes registradas no setor de transporte em comparação com a China.

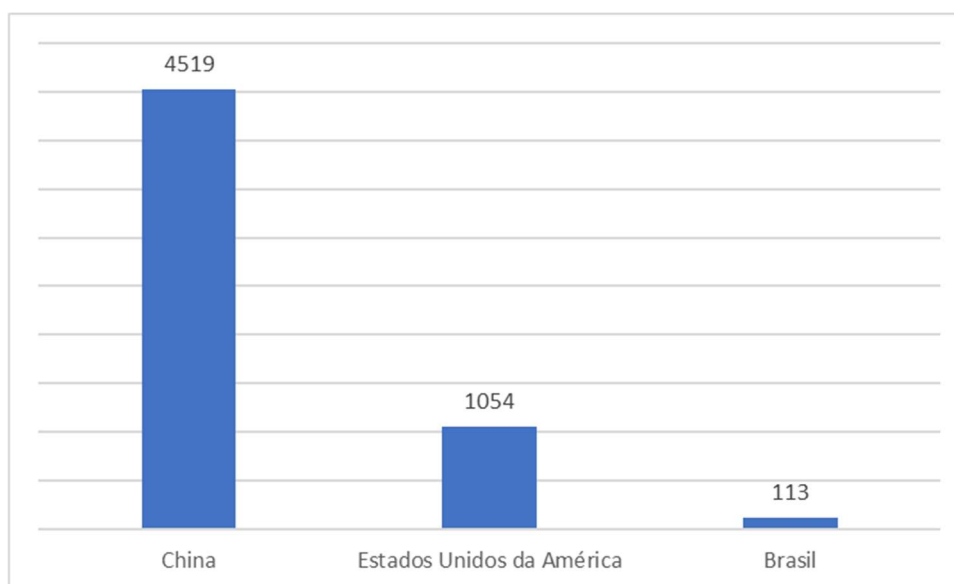
É relevante destacar, com base nos dados do portal IRENA (2022), que a China é o único país do mundo, no período de 2019 a 2021, em que o setor industrial registrou patentes na área de biocombustíveis. Diante dessa constatação, percebe-se que também há investimentos provenientes do setor privado chinês na área de biocombustíveis. Isso evidencia que a liderança da China no setor tecnológico de biocombustíveis é impulsionada tanto pelo setor público quanto pelo setor privado. Recentemente, a China anunciou sua intenção de implementar o maior programa de comércio de emissões baseado em taxas do mundo em seu setor elétrico (GOULDER; MORGENSTERN, 2018).

O Estados Unidos, nos últimos anos, aumentou o número de veículos elétricos vendidos. Em 2011, o país anunciou uma meta que visou facilitar uma capacidade de produção de 1 milhão de veículos elétricos nos EUA até 2015 (USA DoE, 2011a). No entanto, em 2014, o estudo de Navigant (2014) já projetava que o mercado global a bateria

(BEVs) atingiria apenas 350.000 em 2014 e apenas 4% de todos os novos automóveis de passageiros vendidos globalmente em 2022 seriam totalmente elétricos.

A economia dos veículos elétricos está melhorando, e esforços em estados como a Califórnia para promover veículos de emissão zero podem resultar em um mercado rapidamente expandido para mobilidade elétrica. No entanto, as tendências recentes ainda mostram que a maioria dos veículos elétricos vendidos são híbridos plugáveis (PHEVs) e não elétricos a bateria (CLEANTECHNICA, 2014b). Com base nisso, é apresentado o Gráfico 1 sobre a evolução das patentes entre os países analisados neste estudo.

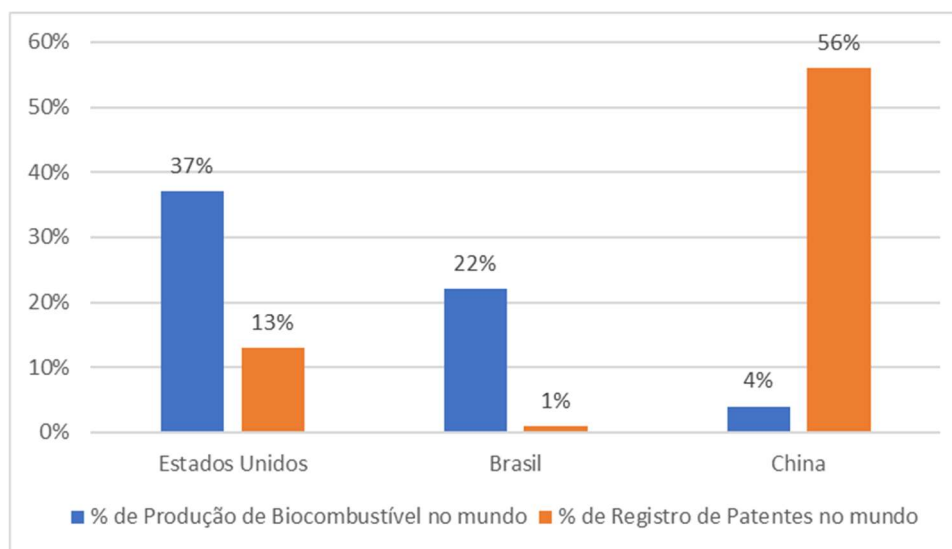
Gráfico 1 - Evolução das patentes entre os principais produtores de biocombustíveis do mundo entre 2019 e 2021



Fonte: IRENA - International Renewable Energy Agency (2022). Adaptado pelo autor

Com base no que foi apresentado sobre a evolução da participação do registro de patentes e suas especificidades, a questão da complexidade econômica do biocombustível no Estados Unidos, Brasil e China pode ser demonstrada a partir dos indicadores comparativos do Gráfico 2.

Gráfico 2 - Comparação entre produção de biocombustível e geração de patentes no setor industrial, governamental e transportes entre países – EUA, Brasil e China entre 2019 e 2021



Fonte: IRENA - International Renewable Energy Agency (2019) e BP International Limited (2019). Adaptado pelo autor (2023)

Os resultados apresentados no Gráfico 2 sobre o comparativo entre a produção de biocombustíveis e o registro de patentes nos setores industrial, governamental e de transporte nos Estados Unidos, Brasil e China entre 2019 e 2021, fica evidente uma discrepância entre esses indicadores. Com base na teoria da complexidade econômica, podemos aprofundar nossa compreensão desses dados.

Durante os estudos, a teoria da complexidade econômica tem destacado a importância da diversidade e proteção da estrutura produtiva de um país, considerando não apenas o volume da produção, mas também a capacidade de inovação e desenvolvimento tecnológico. Portanto, ao analisar a disparidade entre a produção de biocombustíveis e o registro de patentes nos Estados Unidos, Brasil e China, é fundamental levar esses aspectos em consideração.

Inicialmente, cabe destacar que a relação entre a produção de biocombustíveis e o registro de patentes varia entre os países analisados. Os Estados Unidos, embora representem uma parcela significativa da produção mundial de biocombustíveis (37%), registram um percentual relativamente baixo de patentes nessa área (13%), demonstrando que pode haver uma estratégia adotada pelos Estados Unidos mais voltada para a adoção e melhoria das tecnologias do que na criação de novas inovações patenteadas.

No caso do Estados Unidos, destaca-se a GSR Solutions como uma instituição americana de propriedade privada que desenvolveu várias tecnologias, incluindo a GSR-AD-BOLT, que é uma tecnologia que beneficia fazendas, indústrias e municípios que operam

digestores anaeróbicos que se recuperam eficientemente de nitrogênio e fósforo dos efluentes digeridos, reduzindo ainda mais a Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) dos efluentes tratados anaerobicamente, permitindo a produção de subprodutos avaliados, incluindo mudanças no solo, fertilizantes e combustíveis (GSR, 2019).

A GSR Solutions patenteou recentemente um sistema de cultivo de algas que busca fornecer uma alternativa econômica à produção de biomassa de algas a partir de fertilizantes, rações e biocombustíveis para recuperar nutrientes das águas residuais para a produção, água reciclada e produção de energia alternativa e renovável (KRIVOV, 2014).

Outra instituição que vem recebendo reconhecimento mundial de patentes ao longo dos anos é a Energy Integration, também sediada nos Estados Unidos. A referida instituição foi a primeira a desenvolver uma tecnologia para a produção de etanol de milho no final da década de 1970, com capacidade de 400.000 galões por ano. Sua primeira patente foi emitida em 1982, alguns anos depois, em 1985, foi construída uma usina de etanol de moinho seco em escala comercial que incorpora a tecnologia com uma capacidade de produção anual de, aproximadamente, 15 milhões de galões por ano (ENERGY INTEGRATION, 2019).

Em 2018, a Energy Integration patenteou uma tecnologia que fornece processos e sistemas para comprimir vapores de destilação e recuperar calor de condensação ao comprimir vapor e derivar energia mecânica, térmica e elétrica de um sistema combinado de calor e energia, manutenção da capacidade operacional original da planta. O sistema de destilação existente da planta, a geração de vapor e a demanda elétrica determinam a base do projeto do sistema de modernização, visando uma combinação ideal de uso de energia, custo de energia e impacto ambiental. A compressão de vapor (por recompressão mecânica de vapor e/ou recompressão térmica de vapor) minimiza o uso total de energia.

Além dessas instituições existem a Wisconsin Alumni Res, Zea10 Llc, Manta Biofuel, Marshall Maximilian Davis e Nat Tech e Eng Solutions Sandia, dentre outras buscando a inovação e tecnologia por meio das patentes registradas recentemente no Estados Unidos, por isso que existe uma concepção de que o sistema de produção de biocombustível no Estados Unidos é, e podem permanecer, complexo devido ao fato de ainda existirem instituições focadas no desenvolvimento e inovação de tecnologia.

Por outro lado, a China, embora tenha uma produção de biocombustível menor em relação aos Estados Unidos (4% contra 37% nos EUA), registra um índice maior de patentes (56%). Essa disparidade indica que o país pode estar priorizando a inovação tecnológica e o desenvolvimento de tecnologias próprias no setor de biocombustíveis. Esse impulso pode ser

por incentivos protegidos e um ambiente favorável à pesquisa e ao desenvolvimento, que estimulem a busca pela proteção de patentes como forma de promover e proteger inovações.

No caso do Brasil, embora seja o segundo maior produtor de biocombustível no período analisado (22%), o registro de patentes é comparativamente baixo (1%). Essa discrepância pode ser influenciada por outras variáveis, como o ambiente regulatório e a política de propriedade intelectual, que podem apresentar desafios ou restrições ao registro de patentes no país.

A classificação das gerações de biocombustíveis permite entender a mudança tecnológica e de inovação nesse campo. Segundo Lee e Lavoie (2013), os biocombustíveis de primeira geração, como etanol e biodiesel, são produzidos principalmente a partir de biomassa frequentemente comestível. O etanol é obtido por meio da fermentação de açúcares C6, principalmente glicose, utilizando leveduras tradicionais ou organismos geneticamente modificados, como a *Saccharomyces cerevisiae*. A cana-de-açúcar é uma matéria-prima amplamente empregada na produção de biocombustíveis, com o Brasil se destacando como um dos principais produtores e usuários desse recurso. O processo de produção de etanol a partir da cana-de-açúcar é relativamente simples.

De acordo com Lee e Lavoie (2013), os biocombustíveis de segunda geração são definidos como combustíveis produzidos a partir de uma ampla variedade de matérias-primas, principalmente biomassa lignocelulósica não comestível. A conversão dessas matérias-primas em biocombustíveis de segunda geração é mais complexa e depende de novas tecnologias. Essa geração está associada ao mercado de commodities, e o custo de conversão da matéria-prima em produto final deve ser minimizado para manter a lucratividade. Essa geração pode ser mais comum em países em desenvolvimento, que investiram menos em tecnologia e inovação, mas estão expandindo seus recursos por meio de novas linhas de crédito e adquirindo máquinas e equipamentos tecnológicos para produzir biocombustíveis a partir de novas matérias-primas.

A terceira geração de biocombustíveis é frequentemente associada aos combustíveis produzidos a partir de biomassa de algas, que possui um alto rendimento de crescimento em comparação com a biomassa lignocelulósica tradicional (Brennan e Owende, 2010). Os lipídios obtidos das algas podem ser convertidos em biodiesel por transesterificação, como descrito anteriormente, ou apresentado à hidrogenólise para produzir alcanos com propriedades semelhantes ao querosene de aviação. Essa geração requer tecnologias específicas para a produção de biocombustíveis a partir de algas.

Quanto à quarta geração de biocombustíveis, Pandey e Kumar (2017) afirmam que ainda está em fase de desenvolvimento, e nenhum dos compostos sintetizados foi testado em grande escala. No entanto, é considerada a geração mais avançada e promissora. A ideia principal dessa geração é o desenvolvimento de plantas geneticamente modificadas que capturam mais carbono de carbono (CO<sub>2</sub>) da atmosfera. Também envolve a combinação de sementes oleaginosas e plantas de algas para criar uma espécie de cruzamento genético de alto rendimento. Algumas empresas, como a Genômica Sintética, estão trabalhando no desenvolvimento de microrganismos capazes de produzir combustíveis diretamente a partir do CO<sub>2</sub>. Espera-se que até 2050 essa geração esteja totalmente desenvolvida e desempenhe um papel importante no setor de energia global.

Por fim, baseado no ponto de vista de Hausmann (2009) de que a teoria da complexidade econômica é uma ferramenta útil para compreender a relação entre a produção de biocombustíveis e o registro de patentes no mundo não apenas o volume de produtos produzidos está relacionado à forma como são fabricados, mas o conhecimento envolvido na produção desempenha um papel fundamental no desenvolvimento econômico dos países. Quanto mais conhecimento e expertise existirem, maior será a complexidade econômica.

Essa perspectiva pode ajudar a explicar a discrepância entre a produção de biocombustíveis e o registro de patentes em diferentes países. Por exemplo, nos Estados Unidos, que é responsável por 37% da produção mundial de biocombustíveis, mas registra apenas 13% das patentes nesse campo, pode-se inferir que o país pode estar mais focado na adoção e aprimoramento de tecnologias existentes do que na criação de novas inovações patenteadas, o que indica que a complexidade econômica no Estados Unidos pode ser alta em termos de setor de inovação e desenvolvimento tecnológico.

Por outro lado, a China, com uma produção de biocombustíveis menor (4%), registra uma proporção mais elevada de patentes (56%). Isso sugere que o país pode estar direcionando esforços para a inovação tecnológica e o desenvolvimento de tecnologias próprias no setor de biocombustíveis. A complexidade econômica nesse caso pode estar relacionada a incentivos protegidos e um ambiente favorável à pesquisa e ao desenvolvimento, que estimulam a busca por proteção patentária como forma de promover e proteger as inovações.

Atualmente, existem dois conceitos básicos para avaliar se um país é economicamente complexo: a ubiquidade e a diversidade de produtos encontrados em sua agenda de exportação (Gala, 2017). Para o autor, se uma economia é capaz de produzir bens raros,

complexos e não ubíquos, há uma indicação de que o país possui um tecido produtivo sofisticado.

Compreende-se que os bens não-ubíquos são divididos entre aqueles que possuem alto conteúdo tecnológico e, portanto, são difíceis de produzir, como avião e aqueles que são de natureza muito escassa, como os diamantes (GALA, 2017).

O termo sofisticação estende-se não apenas à produção de biocombustíveis, mas também à fabricação de carros híbridos e elétricos, pois é nesse processo que se cria produtos complexos com ampla integração entre empresas que precisam de uma infinidade de fornecedores e produtores, dentro e fora do país produtor que integra o processo de produção, chamado de cadeias globais de valor. Em geral, os produtos de alta conectividade são complexos e os de baixa conectividade não são complexos; nesse caso, a extração de petróleo não é complexa, mas, por outro lado, as máquinas em que o combustível é produzido são bastante complexas (GALA, 2017).

Considera-se que a economia de forma geral, e um setor de forma específica, só avança estruturalmente, com a evolução de seu nível de complexidade econômica, sua perspectiva de conexão com novos produtos complexos no espaço. Assim há um processo sustentado que pode permitir a variação estrutural do PIB per capita, das exportações e da geração de emprego e renda sofisticados, com a demanda por mão-de-obra qualificada. Assim, a complexidade econômica de setores da economia explica como a renda per capital tem saltos históricos consistentes, saindo por exemplo uma região com renda média para renda alta (HAUSMANN, et al., 2013).

Em suma, a teoria da complexidade econômica de Hausmann nos ajuda a entender que o conhecimento e a inovação desempenham um papel crucial na complexidade econômica da produção de biocombustíveis. A diferença na proporção de produção de biocombustíveis e registro de patentes entre países como Estados Unidos, Brasil e China pode ser atribuída à variação do nível de conhecimento, inovação e desenvolvimento tecnológico de cada país.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este estudo teve como objetivo realizar um diagnóstico internacional do setor de biocombustíveis, a partir dos Estados Unidos, Brasil e China, a fim de verificar como os países têm tratado as estratégias de agregação de tecnologia e valor ao setor e concluiu que para fazer melhor uso das alternativas econômicas e agregar valor e tecnologia na produção de biocombustíveis, os países devem investir em pesquisa e desenvolvimento, incentivar



parcerias público-privadas e promover ou reformular políticas de incentivo ao uso de biocombustíveis.

Percebeu-se no estudo que vários países têm se preocupado com essa evolução tecnológica aplicada à complexidade econômica do setor de biocombustíveis, como é o caso do Estados Unidos e China por exemplo. Fica evidente uma forte preocupação da China com a evolução tecnológica aplicada à complexidade econômica do setor ao buscar a participação de registro de muitas patentes renováveis em 2021, ficando em segundo lugar globalmente, atrás apenas dos Estados Unidos, o que tende a ajudar o país a fazer melhor uso das alternativas econômicas agregando valor e tecnologia na produção de biocombustíveis nos próximos anos.

Em conclusão, o setor de biocombustíveis é um mercado em constante evolução, com países líderes como os Estados Unidos e concorrentes como o Brasil. A China está investindo fortemente em novas tecnologias, apesar de não ser atualmente um grande produtor internacional de biocombustíveis. Essa estratégia tende estabelecer uma posição competitiva no mercado global de biocombustíveis porque ao produzir biocombustíveis no Brasil com a própria tecnologia, significa que a China busca acessar recursos naturais, aproveitar mercados estratégicos, estabelecer parcerias internacionais, diversificar a produção e aplicar avanços tecnológicos em suas operações, o que pode garantir uma posição relevante no cenário global de energia renovável, impulsionando a expansão de suas atividades e fortalecendo sua atuação no setor de biocombustíveis. Por fim, o estudo conclui que a viabilização do biodiesel é complexa e depende de investimentos em tecnologia e inovação, o que é exemplificado pelos casos de Brasil, Estados Unidos e China.

## REFERÊNCIAS

AGHION, P.; HOWITT, P. **A Model of growth through creative destruction**. *Econometrica*, 60 (1992), pp. 323-351.

BAHAR, D. *et. al.* **Neighbors and the evolution of the comparative advantage of nations: evidence of international knowledge diffusion?**. *J. Int. Econ.*, 92 (1) (2014), pp. 111-123.

BALLAND, P. A. and RIGBY, D. **The geography of complex knowledge**. *Economic Geography*, 93 (1) (2017), pp. 1-23.

BALLAND, P. A.; *et. al.* **The New Paradigm Of Economic Complexity. Research Policy**. Volume 51, Issue 3, 2022, 104450, ISSN 0048-7333. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733321002420>>. Acesso em 04 de janeiro de 2023.

BISHOP, A.; MATEOS-GARCIA, J. **Exploring the link between economic complexity and emergent economic activities**. National Institute Economic Review, 249 (1) (2019), pp. R47-R58.

BOND-SMITH, S.C.; MCCANN, P. **A multi-sector model of relatedness, growth and industry clustering**. Journal of Economic Geography, 20 (5) (2020), pp. 1145-1163.

BOSCHMA, R.A.; FRITSCH, M. **Creative class and regional growth - empirical evidence from eight European countries**. Social Science Research Network, Rochester, NY (2007), SSRN Scholarly Paper ID 1023869.

BP - International Limited. **BP Statistical Review of World Energy**. 2022 | 68th edition.

BRĂȚIAN, V. **Defining the Concepts of Organization, Economic Organization and Stabilizer from the Perspective of Complex Systems**. Procedia Economics and Finance, Volume 16, 2014, Pages 540-547, ISSN 2212-5671. Disponível em <[https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00836-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00836-3)>. Acesso em 07 de janeiro de 2023.

BRENNANA, L., and P. OWENDEA. 2010. Biofuels from microalgae - A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and coproducts. Renewable Sustainable Energy Rev. 14:557-577.

BROCHE, G; MARINESCU, P. **Deschideri spre lumea complexității**, Ed. Universității din București, 2008.

BUCKLEY, P. J.; PASS, C. L.; PRESCOTT, K. **Measures of international competitiveness: a critical survey**. Journal of Marketing Management, v. 4, n. 2, p. 175- 200, 1988.

BURLINA, C.; ANTONIETTI, R. **From variety to economic complexity: Empirical evidence from Italian regions**. Technical report, Utrecht (2020).

BUSTOS, S.; YILDIRIM, M.A. **production ability and economic growth**. Res. Policy, 2021.

CLEANTECHNICA. **US Electrified Vehicle Sales Update**, 3 July 2014. Disponível em <[cleantechnica.com/2014/07/03/us-electrified-vehicle-sales-update-nissan-1-ford-fusion-energi-2](http://cleantechnica.com/2014/07/03/us-electrified-vehicle-sales-update-nissan-1-ford-fusion-energi-2)>. Acesso em 26 de junho de 2020.

COZZENS, S.E. et. al. **Evaluating the distributional consequences of science and technology policies and programs**. Res. Eval., 11 (2) (2002), pp. 101-107.

DINGA, E. **Studii de Economie – Contribuții de analiză logică, epistemologică și metodologică**. Ed. Economică, București, 2009.

EATON, J.; KORTUM, S. **Technology, geography, and trade**. Econometrica, 70 (5), 2002, pp. 1741-1779.

ENERGY INTEGRATION INC. Disponível em: <<http://energyintegrationinc.com/index.html>>. Acesso em: 26 de dezembro de 2019.

FAGGIO, G.; SILVA, O.; STRANGE, W.C. **Tales of the city: What do agglomeration cases tell us about agglomeration in general?**. *Journal of Economic Geography*, 20 (5), 2020, pp. 1117-1143.

FERRAZ, J. C; KUPFER, D.; HAGUENAUER, L. **Made in Brazil: desafios competitivos para a indústria**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

FRENKEN, K.; VAN, O, F.; VERBURG, T. **Related variety, unrelated variety and regional economic growth**. *Regional Studies*, 41 (5) (2007), pp. 685-697.

GALA, P. **Complexidade econômica: uma nova perspectiva para entender a antiga questão da riqueza das nações**. Contraponto: Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento. 1. ed. Rio de Janeiro, 2017. ISSN: 978-85-786-6123-6.

GAO, J. et. al. **Computational socioeconomic**. *Phys. Rep.*, 817 (2019), pp. 1-104.

GIELEN, D.; et al. The role of renewable energy in the global energy transformation. *Energy Strategy Reviews*. Volume 24, 2019, Pages 38-50, ISSN 2211-467X. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X19300082?via%3Dihub>>. Acesso em 06 de julho de 2023.

GOULDER, L.H.; Morgenstern, R.D. China's rate-based approach to reducing CO2 emissions: attractions, limitations, and alternatives. Disponível em <<https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/pandp.20181028>>. Acesso em 06 de julho de 2023.

GROSSMAN, G.M.; HELPMAN, E. **Trade, knowledge spillovers, and growth**. *Eur. Econ. Rev.*, 35 (2-3) (1991), pp. 517-526.

GROSSMAN, G.M.; HELPMAN, E. **Trade, knowledge spillovers, and growth**. *Eur. Econ. Rev.*, 35 (2-3) (1991), pp. 517-526.

GSR Solutions LLC. Disponível em: <<https://www.gsrsohn.com/whatwedo.html>>. Acesso em: 23 de dezembro de 2019.

HAUSMANN, R., *et al.*, 2013. **The Atlas of Economic Complexity: Mapping Paths to Prosperity**. 2nd ed., Cambridge: MIT Press. Disponível em: <<http://www.tinyurl.com/y67m6n72>>. Acesso em: 15 dez. 2019.

HAUSMANN, R.; HIDALGO, C. **The building blocks of economic complexity**. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, vol. 106(26), p. 10570-10575, 2009.

HONG, S.; XIAO, Y. **The influence of multiple specializations on economic performance in U.S. Metropolitan áreas**. *Sustainability*, 8 (9) (2016), pp. 1-16.

IEA. **World Energy Outlook 2006**, Chapter 14, The Outlook for Biofuels, OECD Publications, Paris. 2006.

IRENA - International Renewable Energy Agency, 2022. Disponível em: <<https://www.irena.org/aboutirena>>. Acesso em: 17 set. 2023.

IRENA - International Renewable Energy Agency. **Advanced biofuels**. What holds them back?, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2019.

IRENA - International Renewable Energy Agency. **Renewable capacity statistics**. (IRENA), Abu Dhabi, 2020.

IRENA - International Renewable Energy Agency. **Renewable Energy Prospects: China, REmap 2030 analysis**, 2014. IRENA, Abu Dhabi. Disponível em <[https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Articles/2014/Dec/IRENA\\_REmap\\_China\\_report\\_2014.pdf?la=en&hash=396185747F6EB44CAED09039797DE0B200EE607E](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Articles/2014/Dec/IRENA_REmap_China_report_2014.pdf?la=en&hash=396185747F6EB44CAED09039797DE0B200EE607E)>. Acesso em: 25 jun. 2020.

KRIVOV Anju D. **Systems and methods of producing compositions from the nutrients recovered from waste streams**. Applicant: GSR SOLUTIONS LLC. Publication info: US2018119085 (A1) 2018-05-03. Priority date: 2014-10-22.

LEE, Roland Arthur and LAVOIE, Jean-Michel. **From first- to third-generation biofuels: Challenges of producing a commodity from a biomass of increasing complexity**. Animal Frontiers Volume 3, Edição 2, abril de 2013, Páginas 6–11. Disponível em: <https://doi.org/10.2527/af.2013-0010>. Disponível em <<https://academic.oup.com/af/article/3/2/6/4638639>>. Acesso em: 19 dez. 2019.

LUKOSEVICIUS, A. P.; MARCHISOTTI, G. G.; SOARES, C. A. P. **Panorama da complexidade: principais correntes, definições e constructos**. Artigos. v. 11 n. 4 (2016): dezembro/2016. ISSN: 1980-5160. Revista Sistemas & Gestão - Universidade Federal Fluminense. Disponível em <<https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/1157>>. Acesso em 19 de setembro de 2022.

MACHADO DA SILVA, C. L.; FONSECA, V. S. DA. **Competitividade organizacional: uma tentativa de reconstrução analítica**. Organizações & Sociedade, v. 4, n. 7, p. 97-114, 1996.

MURDOCH, J. III. **Specialized vs. diversified: The role of neighborhood economies in shrinking cities**. Cities, Volume 75, 2018, Pages 30-37, ISSN 0264-2751. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0264275116302876>>. Acesso em 21 de janeiro de 2023.

NAVIGANT. **Navigant Research forecasts new EV global sales of >246,000 units in 2014; 10 predictions for the year**, Navigant Research, 8 January 2014. Disponível em <[www.greencarcongress.com/2014/01/20140108-navigantev.html](http://www.greencarcongress.com/2014/01/20140108-navigantev.html)>. Acesso em: 25 jun. 2020.

PANDEY, R. and KUMAR, G. A **Comprehensive Review on Generations of Biofuels: Current Trends, Development and Scope**. International Journal on Emerging Technologies (Special Issue NCETST-2017) 8(1): 561-565, 2017. Disponível em: <<https://www.researchtrend.net/ijet/pdf/121-S-857a.pdf>>. Acesso em: 19 dez. 2019.

PETTIGREW, A.; WHIPP, R. **Managing change for competitive success**. Cambridge: Blackwell Publishers, 1993.

PONCHIROLLI, O. **Teoria da complexidade e as organizações**. Diálogo Educ. v. 7, n. 22, p. 81-100, 2007.

PREBISCH, R. **The Economic Development of Latin America and its Principal Problems**. United Nations, New York (1950).

SASSEN, S. **The global city: Introducing a concept**. Brown Journal of World Affairs, 11 (2) (2005), pp. 27-43.

SAYNISCH, M. **Mastering complexity and changes in projects, economy, and society via project management second order (PM-2)**. Project Management Journal, v. 41, n. 5, p. 4–20, 2010.

SEPEHRDOUST, H.; DAVARIKISH, R.; SETAREHIE, M. **The knowledge-based products and economic complexity in developing countries**, Heliyon, Volume 5, Issue 12, 2019, e02979, ISSN 2405-8440. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02979>>. Acesso em 06 de janeiro de 2023.

SEPEHRDOUST, H.; ZAMANI SHABKHANEH S. **How knowledge base factors change the natural resource curse to economic growth?**. Technol. Soc., 54 (2018), pp. 149-154.

SILVA, C. L. M. da; BARBOSA, S. de L. **Estratégia, Fatores de Competitividade e Contexto de Referência das Organizações: uma Análise Arquetípica**. RAC, v. 6, n. 3, Set./Dez. 2002: 07-32. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/rac/a/NMSbsGwMYvbJX46vzBkzF4n/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em 07 de julho de 2021.

SOCCOL, C. R. *et al.* Recent developments and innovations in solid state fermentation. Biotechnology Research and Innovation. Volume 1, Issue 1, 2017. Pages 52-71. ISSN 2452-0721. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452072116300144>>. Acesso em 06 de julho de 2023.

TACCHELLA, A.; *et. al.* **A new metrics for countries' fitness and products' complexity**. Sci. Rep., 2 (1) (2012), pp. 1-7.

THOMAS, J. ET MENGEL, T. **Preparing managers to deal with complexity - advanced project management education**. International Journal of Project Management, v. 26, n. 3, p. 304–315, 2008.

USA DoE - United States of America, Department of energy. One Million Electric Vehicles by 2015, US DoE, Washington, D.C., (2011a), Disponível em <[www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/1\\_million\\_electric\\_vehicles\\_rpt.pdf](http://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/1_million_electric_vehicles_rpt.pdf)>. Acesso em 25 de junho de 2020.

WHITTY, S. J.; MAYLOR, H. **And then came Complex Project Management (revised)**. International Journal of Project Management, v. 27, n. 3, p. 304–310, 2009.

WOOD JR, T. ET VASCONCELLOS, H. **Caos: a criação de uma nova ciência?** RAE. Revista de Administração de Empresas, São Paulo, v. 33, p. 94-105, 1993.

## **5. O MARCO REGULATÓRIO DO BIODIESEL NO BRASIL: os impactos ao longo dos anos (Artigo 2)**

### **RESUMO**

Este estudo surgiu a partir da seguinte pergunta: diante do marco regulatório, qual tem sido os desafios e perspectivas do setor na produção e uso do biodiesel no Brasil? Para tanto, o objetivo geral deste estudo foi analisar o impacto da implantação do marco regulatório do biodiesel, constituído pela Lei 11.097/2005, sobre a produção e uso do biodiesel no Brasil. Metodologicamente, o estudo coletou informações sobre a legislação e políticas governamentais relacionadas ao biodiesel no Brasil, analisando as diretrizes, objetivos e estratégias estabelecidas pelo governo para o setor de biocombustíveis, com foco no biodiesel. Foram identificadas as principais mudanças e atualizações na legislação e nas políticas ao longo do tempo. Dentre os resultados encontrados, o estudo revela os impactos no setor que, após o marco regulatório no Brasil, inclui a implementação de um controle rigoroso para garantir a qualidade do biodiesel, conforme a Resolução ANP nº 2/2008, bem como a criação de regulamentações para reduzir emissões e aprimorar a matriz de combustíveis, como estabelecido pela Lei nº 13.576/2017.

**Palavras-chave:** Biodiesel. Marco regulatório. Políticas; Desafios. Perspectivas.

### **ABSTRACT**

This study arose from the following question: in view of the regulatory framework, what have been the challenges and perspectives of the sector in the production and use of biodiesel in Brazil? Therefore, the general objective of this study was to analyze the impact of the implementation of the regulatory framework for biodiesel, constituted by Law 11,097/2005, on the production and use of biodiesel in Brazil. Methodologically, the study collected information on legislation and government policies related to biodiesel in Brazil, analyzing the guidelines, objectives and strategies established by the government for the biofuel sector, with a focus on biodiesel. Major changes and updates to legislation and policies over time were identified. Among the results found, the study reveals the impacts on the sector that after the regulatory framework in Brazil that includes the implementation of a strict control to guarantee the quality of biodiesel, according to ANP Resolution nº 2/2008, as well as the creation of regulations for reduce emissions and improve the fuel matrix, as established by Law No. 13,576/2017.

**Keywords:** Biodiesel. Regulation mark. Policies. Challenges. Prospects.

## **1 INTRODUÇÃO**

Este estudo partiu do entendimento de que o marco regulatório do biodiesel no Brasil foi estabelecido por meio da Lei nº 11.097/2005, o que foi fundamental para o desenvolvimento da indústria de biodiesel no Brasil.

De acordo com a Lei 11.097/2005, o principal objetivo é incentivar a produção e o uso do biodiesel no Brasil, visando reduzir a dependência do petróleo e promover o desenvolvimento sustentável do país. Nesse sentido, o Decreto 5.297/2004 instituiu o selo "Combustível Social", que concede aos produtores de biodiesel o direito de reduzir as alíquotas da Contribuição ao PIS/PASEP e da COFINS incidentes sobre a produção e comercialização de biocombustível, desde que adquira matéria prima de agricultores familiares regularizados no SICAF. Além disso, o decreto também estabelece os coeficientes de redução da Contribuição ao PIS/PASEP e da COFINS incidentes sobre a comercialização de biodiesel e estabelece diretrizes e medidas de incentivo à produção de biocombustíveis com inclusão social e desenvolvimento regional.

Diante da Lei 11.097/2005, surge uma pergunta: Diante do marco regulatório, quais têm sido os desafios e perspectivas do setor na produção e uso do biodiesel no Brasil?

Isto posto, este estudo se justifica por entender que a produção e o uso do biodiesel são importantes para a economia brasileira, tendo em vista que o Brasil é um grande produtor de biocombustíveis. Além disso, a busca por fontes de energia mais limpas e sustentáveis tem sido uma preocupação crescente em todo o mundo, o que torna a produção e o uso do biodiesel cada vez mais relevantes. Por fim, entender como o marco regulatório afetou a produção e o uso do biodiesel no Brasil pode fornecer informações importantes para aprimorar as políticas públicas relacionadas ao setor de biocombustíveis.

O objetivo geral deste estudo foi analisar o impacto da implantação do marco regulatório do biodiesel, constituído pela Lei 11.097/2005, sobre a produção e uso do biodiesel no Brasil.

## **2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Os procedimentos metodológicos adotados para alcançar os objetivos propostos neste estudo estão divididos em três etapas: a) revisão bibliográfica; b) levantamento de dados; e c) análise e interpretação das informações.

## **2.1 Revisão Bibliográfica e Levantamento de Dados**

A revisão bibliográfica é uma etapa crucial que consistiu na busca, seleção, análise e síntese de informações relevantes sobre o Marco Regulatório do Biodiesel no Brasil. Diante disso, realizou-se uma revisão bibliográfica que abordasse a Lei 11.097/2005 e outros documentos correlatos que discutissem a evolução do marco regulatório no país e suas implicações para a produção de biodiesel, e os desafios enfrentados pela indústria ao longo do estudo. Nesse sentido, adotou-se o modelo proposto por Creswell (2007), que enfatiza a incorporação da literatura relacionada ao final do estudo para comparar e contrastar os resultados (ou temas ou categorias) que emergiram da pesquisa. Esse modelo é especialmente adequado para estudos baseados em teorias, pois permite que os pesquisadores usem a literatura de forma indutiva para aprofundar sua compreensão do tema e identificar perspectivas para pesquisas futuras.

A pesquisa foi realizada sob abordagem qualitativa, pois o estudo sobre o Marco Regulatório do Biodiesel no Brasil, no contexto da evolução do setor, enquadra-se em uma das possibilidades propostas por Creswell (2007) de pesquisa qualitativa, que enfatiza a teoria baseada na realidade e investiga o compartilhamento da cultura entre grupos, usando a etnografia como método. Nesse sentido, escolher a abordagem e o método adequados para a pesquisa é essencial para alcançar os objetivos e responder às questões de pesquisa de forma adequada e consistente. Com base na revisão bibliográfica, foi preciso levantar dados sobre o percentual de mistura de biodiesel no diesel e outros indicadores relevantes.

## **2.2. Análise e Interpretação das informações**

A partir dos dados levantados, realizou-se uma análise qualitativa para identificar os principais desafios enfrentados pela indústria do biodiesel no Brasil e as perspectivas para o setor, na qual se levou em consideração as questões como a diversificação de matérias-primas, o incentivo à produção de biocombustíveis e o impacto socioeconômico do setor. Por fim, com base na análise de dados, foi possível elaborar uma conclusão pontuando os principais desafios enfrentados pela indústria do biodiesel no Brasil e as perspectivas para o setor.

## **3. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Segundo Costa (2016), compreende-se que o marco regulatório é um conjunto de normas, leis e diretrizes que agem como dispositivos de regulação e funcionamento de um setor específico. Por entender que a história do biodiesel no Brasil é bastante longa, este estudo buscou limitar sua discussão a partir da implementação da Lei 11.097/2005, que dispõe



sobre a introdução do biodiesel na matriz energética, criando assim o programa nacional de produção e uso de biodiesel no Brasil até o período de 2020.

Segundo Pousa, *et. al* (2007), o Governo Federal do Brasil criou um Grupo de Trabalho Interministerial, por Decreto Presidencial de 2 de julho de 2003, encarregado de apresentar estudos sobre a viabilidade do uso de óleos, gorduras e seus derivados como combustível e indicar as ações necessárias para sua implementação. Segundo os autores, no relatório final, datado de 4 de dezembro de 2003, esta comissão considerou que o biodiesel deveria ser introduzido imediatamente na matriz energética brasileira e recomendou que: (i) seu uso não fosse obrigatório, (ii) não houvesse rota ou matéria-prima para a produção de biodiesel, e (iii) o desenvolvimento socioeconômico das regiões mais pobres deve ser incluído. Para implementar essas sugestões, foi criada uma Comissão Executiva Interministerial (CEIB) por Decreto Presidencial de 23 de dezembro de 2003. Um ano depois, o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) foi lançado em sessão solene no Palácio do Planalto (Sede do Governo) em 4 de dezembro de 2004, com o objetivo principal de garantir a produção economicamente viável de biodiesel, tendo como foco principal a inclusão social e o desenvolvimento regional (POUSA *et. al*, 2007).

Segundo Tolmasquim e Pinto Junior (2011), entre os principais atores que fazem parte do Marco Regulatório da Indústria do Petróleo no Brasil estão o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), o Ministério de Minas e Energia (MME), a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), a Petróleo Brasileiro SA (Petrobrás).

Pode-se dizer que a ação mais importante do Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB) foi a introdução de biocombustíveis derivados de óleos e gorduras na matriz energética brasileira por meio da Lei n. 11.097/2005 (Pousa *et. al*, 2007). Nesse sentido, desde a introdução da obrigatoriedade do uso do biodiesel na mistura com o diesel fóssil, tem ocorrido uma rápida evolução para a adição do biocombustível em teores superiores, no caso do biodiesel, o valor inicial foi corrigido em 2% em volume em 2008, chegando a 5% em 2010 (EPE, 2021).

Nesse período, o consumo de diesel no Brasil era de aproximadamente 40 bilhões de litros por ano, o mercado potencial de biodiesel estimado em 800 milhões de litros, com projeções indicando um crescimento para 2 bilhões de litros até 2013, dada a sua grande biodiversidade e diversificação de clima e condições de solo. O país tem diferentes fontes de óleos vegetais, incluindo soja, coco, mamona, caroço de algodão, dendê e outros, embora, no semiárido nordestino e nos estados amazônicos, mamona e dendê, respectivamente, tenham se

mostrado as alternativas de escolha no tempo, mas que, por outro lado, a extração de palmeiras nativas da floresta amazônica, bem como o cultivo de palmeiras em áreas já degradadas, provavelmente representaria uma boa alternativa para promover ocupação sustentável e desenvolvimento social e econômico (POUSA *et. al*, 2007).

Resumidamente, o Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB) promoveu uma transformação significativa na matriz energética do Brasil, superando as expectativas ao atingir a marca de 6,8 bilhões de litros de biodiesel produzidos pela indústria nacional em 2021, muito além do esperado de 2 bilhões de litros até 2013 (EPE, 2022).

No contexto desse progresso, os leilões alcançaram um papel vital, ocorrendo em duas fases. Na primeira, apenas os portadores do Selo Combustível Social (SCS) participavam, abrangendo 80% do volume total, enquanto as demais usinas competiam pelos 20% restantes de modo que, até outubro de 2021, esse processo já havia alcançado um impressionante marco de 82 leilões (EPE, 2022).

Contudo, uma nova abordagem entrou em vigor a partir de janeiro de 2022, implementando um modelo de distribuição baseado na livre negociação entre produtores e distribuidores, estabelecido pela Resolução CNPE nº 14/2020 que determinou que, no mínimo, 80% do volume total comercializado deveria prover de unidades detentoras do Selo Biocombustível Social (SBS), fortalecendo, assim, o compromisso social e ambiental do programa (EPE, 2022).

Na época, segundo Braga e Braga (2012), foram identificadas desvantagens ainda não superadas na produção de biocombustíveis de primeira geração. Para os autores, as desvantagens identificadas nos estudos em relação à produção de biodiesel foram: o custo em relação ao combustível convencional; possível competição com produtos alimentícios no mercado de matérias-primas; a produção esperada de grandes quantidades de glicerina (subproduto do biodiesel entre 5 e 10% do produto bruto) que pode não ser absorvida pelo mercado; a produção intensiva e insustentável de matéria-prima para o biodiesel pode afetar a capacidade do solo, causando a destruição da fauna e da flora, reduzindo a biodiversidade.

É possível inferir que as desvantagens identificadas naquele momento podem ter sido fundamentais para implementação de diversas políticas de aprimoramento da produção e utilização de biocombustíveis no âmbito do Programa Nacional de Produção de Biodiesel (PNPB) tais como:

- A Resolução ANP nº 2/2008 que estabeleceu de maneira minuciosa as especificações do biodiesel e diretrizes para sua produção e distribuição em todo o território nacional;

- A Lei nº 13.263/2016, que promoveu modificações na Lei nº 11.097/2005, ampliando de forma gradual e progressiva a obrigatoriedade da substituição do diesel pelo biodiesel;
- A Resolução ANP nº 16/2018 que delineou critérios e orientações para a efetivação do Programa de Monitoramento da Qualidade do Biodiesel (PMQC-Bio);
- A Lei nº 13.576/2017, responsável pela instituição do RenovaBio, um programa de escopo nacional cujo foco é fomentar a expansão da produção de biocombustíveis no Brasil, incorporando metas de descarbonização ao setor de combustíveis;
- A Resolução CNPE nº 5/2018 que estipulou metas anuais obrigatórias para a redução das emissões de gases de efeito estufa por parte dos distribuidores de combustíveis;
- A Resolução CNPE nº 14/2020 que instituiu um novo modelo de negociação de biodiesel, pautado na liberdade de acordos entre produtores e distribuidores, com início a partir de janeiro de 2022;
- A Instrução Normativa MAPA nº 16/2007, que abordou a certificação e utilização do Selo Combustível Social (SCS) – um reconhecimento concedido a empresas que adotaram práticas inclusivas na produção de biodiesel;
- A Instrução Normativa MAPA nº 41/2007, responsável por estabelecer critérios específicos para a certificação de unidades produtoras.

Pode-se dizer que essas políticas e regulamentações representaram algumas das estratégias adotadas com o propósito de enfrentar os desafios do setor e aprimorar a produção dos biocombustíveis no Brasil.

Durante o estudo de Pousa *et. al.*, (2007), percebeu-se que os produtores não informam os custos de produção do biodiesel, o que tem dificultado a distinção entre os custos de produção e os lucros da empresa. No trabalho de Barros *et al.* (2006), estimaram os custos de produção do biodiesel obtidos a partir de diferentes matérias-primas (óleo de soja, óleo de palma, mamona, óleo de algodão e óleo de girassol) por região brasileira, considerando: (i) custos de produção da matéria-prima, (ii) produção de óleo custo, e (iii) custo de produção de biodiesel.

No entanto, os Decretos 6.458/2008 e 6.606/2008 revelam que houve alteração na categoria “dendê e mamona das regiões norte, nordeste e semiárido de agricultores

familiares”, retirando a limitação do dendê e da mamona porque, à época, as regiões mais pobres ainda precisavam de apoio para desenvolver essa atividade econômica, mas a mamona mostrou-se uma matéria-prima não tão boa (pelo alto preço e limitações nos parâmetros de qualidade do biodiesel), e o óleo de palma não aumentou sua produção conforme esperado (principalmente devido ao seu extenso ciclo de produção) (RODRIGUES, 2021).

Embora alguns estudos revelassem essas desvantagens iniciais à época, também havia quem buscasse investir na produção de biocombustíveis apostando nos de segunda geração, com as vantagens do potencial para reduções significativas nas emissões de gases de efeito estufa, bem como na redução da necessidade de terras, já que grande parte da biomassa pode ser utilizada como fonte de matéria-prima, além de evitar alguns dos problemas técnicos muitas vezes associados ao uso de biocombustíveis de primeira geração, como degradação e incompatibilidade de materiais (SCOTLAND, 2007; BRAGA E BRAGA, 2012).

Segundo estudos de Rodrigues (2021), no final de 2007, a capacidade autorizada de biodiesel era seis vezes o consumo de biodiesel, ou seja, a capacidade média autorizada passou de 30 m<sup>3</sup>/dia (em 2005) para 153 m<sup>3</sup>/dia de modo que as novas unidades de biodiesel tivessem uma capacidade média superior a cinco vezes as primeiras unidades autorizadas. Esse excesso de capacidade se deu nas próximas etapas planejadas do programa, com meta de chegar a 5% em alguns anos, indicando que o mercado está a caminho de atender a demanda. Devido ao crescimento da indústria de biodiesel, ficou claro que o primeiro regulamento da ANP sobre usinas de biodiesel precisa ser aprimorado.

Com o advento da Resolução ANP 25/2008, percebe-se que, entre 2008 e 2010, o Brasil passou a construir uma regulamentação mais rígida baseada em três etapas: primeiro, para construir uma unidade de biodiesel, era necessário obter uma Autorização para construção, o que permitia ao país ver se a resposta da indústria à demanda do programa será atendida. Em segundo lugar, após a construção da instalação industrial, a empresa deveria obter a Licença de Operação de Instalação, permitindo que a empresa inicie a operação para produzir biodiesel, que concedida após inspeção da ANP quando era verificada a utilização de boas práticas de engenharia e cumprimento de regulamentos nacionais. E, por fim, a Autorização de Comercialização que indicava que o biodiesel produzido estava em harmonia com os padrões de qualidade do combustível (RODRIGUES, 2021).

Após a realização dos testes previstos na Lei 13.263/2016, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) autorizou o aumento da mistura obrigatória de biodiesel ao óleo diesel em até 15%, em volume, em todo o território nacional.

Para o Sebrae (2007), esses percentuais de mistura estão sujeitos a variações e adiantamentos, em função de: a) variação da capacidade instalada de produção e disponibilidade de matéria-prima; b) participação da agricultura familiar no abastecimento de matérias-primas e políticas industriais; etc.) inovação tecnológica, bem como a demanda do mercado em atendimento a esses critérios, o CNPE autoriza a antecipação dos percentuais de biodiesel no diesel fóssil.

Moreno-Pérez *et al.* (2017) visitaram alguns trabalhos nos quais indicam que a indústria brasileira de biodiesel atingiu uma certa maturidade, com um mercado altamente competitivo.

Segundo Rodrigues (2021), a distribuição geográfica das unidades de produção de biodiesel também é uma preocupação adicional para o setor de combustíveis, pois a maioria das unidades está no interior do país, próximo à produção de óleos, gorduras e do metanol utilizado na fabricação do biodiesel que é, em grande parte, importado, esse metanol percorre grande parte do território nacional.

Rodrigues (2021) explica que, como o preço do metanol é, em média, inferior ao do etanol brasileiro, há uma necessidade permanente de fiscalização desse produto para evitar que fraudadores misturem metanol com etanol, já que o primeiro tem alta toxicidade.

Para o autor, após a produção do biodiesel, o metanol continua a preocupar o setor de combustíveis e biocombustíveis, uma vez que parte das unidades de produção de biodiesel não possui equipamentos para recuperar o metanol utilizado, mas este não é incorporado ao biodiesel. Em geral, o fluxo contendo metanol é encaminhado para indústrias químicas a centenas de quilômetros de distância e pode sofrer alterações por fraudadores.

Em meados de 2018, o Conselho Nacional de Política Energética, por meio da Resolução CNPE nº 16/2018, estabeleceu a previsão de aumento do percentual de biodiesel na mistura do diesel B. Os testes de misturas de BX em motores foram realizados pelas montadoras automotivas (ANP, Resolução nº 758/2018). A Resolução ANP nº 758/2018 visa aumentar a vida útil do óleo diesel B (com biodiesel) em todas as suas etapas de comercialização, tornando mais segura a implantação das misturas subsequentes. Resumidamente, para um melhor entendimento, a evolução do marco regulatório do biodiesel no Brasil é apresentada no Tabela 1.

Tabela 1 - Evolução do Marco Legal do Biodiesel

| <b>Marco Regulatório</b>  | <b>Ano Base</b> | <b>Percentual</b> |
|---------------------------|-----------------|-------------------|
| Resolução CNPE nº 06/2009 | 2010            | 5%                |

|                           |      |     |
|---------------------------|------|-----|
| Lei nº 13033/2014         | 2014 | 6%  |
| Lei nº 13033/2014         | 2014 | 7%  |
| Lei 13263/2016            | 2017 | 8%  |
| Resolução CNPE nº 16/2018 | 2018 | 10% |
| Resolução CNPE nº 16/2018 | 2019 | 11% |
| Resolução CNPE nº 16/2018 | 2020 | 12% |
| Resolução CNPE nº 16/2018 | 2021 | 13% |
| Resolução CNPE nº 16/2018 | 2022 | 14% |
| Resolução CNPE nº 16/2018 | 2023 | 15% |

Fonte: Superintendência de Derivados de Petróleo e Biocombustíveis (2021)

Diante do evolução do Marco Legal do Biodiesel, conforme Resolução CNPE nº 16/2018, havia perspectiva de avanço na competitividade do setor quanto à obrigatoriedade da adição de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer lugar no território nacional que foi em 2021 impactado pela Resolução de 11 de junho de 2021, que estabeleceu o interesse do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) em reduzir de 13% para 12% a mistura obrigatória de biodiesel ao óleo diesel fóssil no 81º Leilão de Biodiesel. Para Rodrigues (2021), mesmo com o aumento do teor de biodiesel no diesel, de 2014 a 2018, de 5% para 10%, a produção de biodiesel não atingiu o cenário esperado pelo mercado produtor de biodiesel. Essa decepção está relacionada ao agravamento da crise brasileira, com a queda do PIB, levando à queda nas vendas de óleo diesel (que contém biodiesel). As vendas de diesel em 2014 atingiram 60,0 bilhões de m<sup>3</sup>, com seu mínimo em 2016, 54,3 bilhões de m<sup>3</sup>.

Em 2017, a produção de biodiesel foi de 4,3 milhões de m<sup>3</sup>, vale lembrar que, neste ano, o percentual de biodiesel aumentou para 8%. Em 2018, com o aumento do teor de biodiesel para 10%, a produção passou para 5,4 milhões de m<sup>3</sup> (ANP, 2018b), valor cerca de 35% superior ao ano anterior, compatível com o aumento do teor de biodiesel no óleo diesel. (RODRIGUES, 2021).

Segundo a EPBR (2021), durante quase todo o ano de 2021, o teor foi reduzido para 10%, devido ao alto preço do biodiesel, que pressionou o valor final do diesel. Segundo informações, o Ministério de Minas e Energia (MME) buscou justificar o recuo na política de biodiesel para proteger os interesses do consumidor em termos de preço, qualidade e oferta de produtos em que concilia as medidas de contenção do preço do diesel com a manutenção da Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio), proporcionando previsibilidade, transparência, segurança jurídica e regulatória ao setor.

Segundo o Instituto de Pesquisa e Estatística IPEA (2010), outro desenho de marco regulatório, que vai da oleaginosa à venda ao consumidor final, é uma das maiores demandas

do setor de biodiesel, o que levou o Congresso Nacional a debater esse novo marco em diversos projetos de lei que contemplam outros biocombustíveis.

Nesse contexto, a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) foi lançada para consolidar as políticas de biocombustíveis anteriores e resolver a luta nacional pelas metas ambientais, criando também um novo mercado de comercialização de biocombustíveis e, ao mesmo tempo, desenvolveu-se a partir da ratificação pelo governo do Acordo de Paris em 2016, quando o país se comprometeu a aumentar sua participação de biocombustíveis na matriz energética brasileira, estabelecendo a meta de promover a redução de suas emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em 37% abaixo dos níveis de 2005 em 2025, além de reportar um contribuição indicativa de uma redução de 43% abaixo dos níveis de emissão de 2005 em 2030 (GRANGEIA; SANTOS; LAZARO, 2022).

Pode-se resumir que o RenovaBio materializa a estrutura institucional que incentiva o aumento da produção de biocombustíveis, valorizando as externalidades ambientais geradas pela produção eficiente e pelo uso desses produtos, sem impactos ou subsídios que onerem as finanças públicas (Grangeia; Santos; Lazaro, 2022). Percebe-se que a proposta da Renovabio deu origem ao Projeto de Lei (PL) nº 9.086/2017 em 14 de novembro, transformado em Lei em 26 de dezembro do mesmo ano, seguindo a regra estabelecida no art. 61 do Constituição Federal de 1988, que estabelece que a iniciativa de leis complementares e ordinárias cabe a qualquer membro ou comissão da Câmara dos Deputados, Senado Federal ou Congresso Nacional, Presidente da República, Supremo Tribunal Federal, Tribunais Superiores, Procurador-Geral da República e cidadãos, na forma e nos casos previstos nesta Constituição (CÂMARA DOS DEPUTADOS, 2017).

Note-se que a Lei 13.576/2017, Política Nacional de Biocombustíveis, tem como finalidades específicas: contribuir para o cumprimento dos compromissos assumidos pelo país no âmbito do Acordo de Paris na Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima; contribuir para uma eficiência energética adequada e reduzir as emissões de gases com efeito de estufa na produção, comercialização e utilização de biocombustíveis, incluindo mecanismos de avaliação do ciclo de vida; promover a adequada expansão da produção e uso de biocombustíveis na matriz energética nacional, com ênfase na regularidade da oferta de combustíveis; e contribuir previsivelmente para a participação competitiva dos vários biocombustíveis no mercado nacional de combustíveis (LEI 13.576/2017).

Para Rei, Gonçalves e Souza (2017, p. 86),

Esse compromisso é fácil de fazer, porém difícil de cumprir no cenário atual, que amargou um crescimento de 16% no desmatamento amazônico em 2014, com

referência ao ano anterior; e atende às expectativas de atores internacionais (e nacionais) sobre as contribuições da “potência ambiental.

Percebe-se que são fundamentos da Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio), a contribuição dos biocombustíveis para a segurança do abastecimento nacional de combustíveis, a preservação do meio ambiente e a promoção do desenvolvimento e inclusão econômica e social; a promoção da livre concorrência no mercado de biocombustíveis; a inserção de valor à biomassa brasileira; e o papel estratégico dos biocombustíveis na matriz energética nacional (LEI 13.576/2017).

No geral, a Lei nº 13.576 de 2017, amplamente conhecida como RenovaBio, engloba um amplo conjunto de ações, iniciativas, projetos e programas com o propósito central de fomentar um abastecimento energético cada vez mais sustentável, competitivo e seguro. Além disso, a legislação visa resguardar os interesses dos consumidores, garantindo não apenas preços equitativos, qualidade e oferta estável de produtos, mas também maximizando o efeito dos biocombustíveis na redução substancial das emissões de gases de efeito estufa e poluentes locais.

Vale ressaltar que um dos pilares fundamentais dessa política reside no incentivo à criação de empregos, geração de renda e fomento ao desenvolvimento regional. Em síntese, o RenovaBio, aparado pela Lei 13.576/2017, projete um panorama abrangente e integrado, orientado para a evolução contínua do setor de biocombustíveis no Brasil, princípios aos princípios da sustentabilidade, desenvolvimento e preservação ambiental.

Segundo estudos de Grangeia, Santos e Lazaro (2022), a Política Nacional de Biocombustíveis entrou em vigor em 2020, mas em um cenário de confinamento, fechamento das atividades econômicas e necessidade de aliviar a pressão dos distribuidores devido à queda nas vendas, mantendo proposta do Programa, o governo brasileiro decidiu rever as Metas Obrigatórias do RenovaBio.

Em resumo, redução de metas obrigatórias causadas pela pandemia de Covid-19, atrasos na emissão de créditos de descarbonização (CBIOS) e impasse com distribuidoras estão entre os desafios apontados pelo setor sucroenergético no primeiro ano de implementação do RenovaBio (GRANGEIA SANTOS, LAZARO, 2022). As metas do programa são baseadas em condições limítrofes como: i) Capacidade de oferta nacional de combustíveis fósseis e biocombustíveis; ii) Preços ao produtor e preços internacionais dos combustíveis; iii) Demanda esperada (Ciclo Otto, Ciclo Diesel e Aviação) no mercado brasileiro; iv) Variáveis macroeconômicas como dólar e produção interna bruta (PIB); e v)



preço da CBIO. No entanto, durante a pandemia, essas condições foram alteradas e foi aberta uma consulta pública definindo novas metas (EPE, 2020 e NOVACANA, 2021).

Para Grangeia, Santos e Lazaro, (2022), o programa RenovaBio ainda é rudimentar, o que abre oportunidades de melhorias, buscando por exemplo: Regular a estrutura tributária para não criar distorções de preços e atrair investimentos pela credibilidade do mercado; estabelecer um modelo de limite de preço ou outros instrumentos capazes de suportar falhas de mercado; criar mecanismos para dar mais previsibilidade e transparência à oferta do CBIO; também, criar mecanismos e políticas para detalhar a elegibilidade de matérias-primas agrícolas e regulamentos de uso da terra; entre outros aspectos.

Os resultados deste estudo evidenciam influências centrais decorrentes do Marco Regulatório do Biodiesel no setor de biocombustíveis no Brasil, desde a promulgação da Lei 11.097/2005 até o presente momento. Esses efeitos são destacados de forma sequencial:

- Em 2008, houve um controle rigoroso por parte dos órgãos reguladores públicos, visando estabelecer padrões criteriosos para a qualidade do biodiesel. Esse esforço desempenhou um papel crucial na garantia da conformidade e confiabilidade do produto final, conforme delineado na Resolução ANP nº 2/2008.
- No ano de 2016, ocorreu uma progressiva flexibilização da obrigatoriedade de substituição do diesel por biodiesel, mediante a Lei nº 13.263/2016. Tal medida promoveu uma maior adoção de biocombustíveis na matriz energética nacional, gerando uma redução positiva nas emissões de gases de efeito estufa e uma diminuição na dependência de combustíveis fósseis.
- Em 2017, foi a vez da implementação de metas obrigatórias para a redução das emissões de gases de efeito estufa oriundas de combustíveis, buscando aprimorar a intensidade de carbono da matriz de combustíveis brasileira ao longo do tempo. Isso foi estabelecido pela Lei nº 13.576/2017, que instituiu o RenovaBio.
- Finalmente, em 2020, surgiu uma inovação no modelo de negociação do biodiesel, caracterizada pela adoção da livre negociação entre produtores e distribuidores. Esse novo paradigma confere agilidade ao mercado, estimulando uma maior eficiência e otimização dos fluxos de produção e distribuição, tal como prescrito pela Resolução CNPE nº 14/2020.

Resumidamente, essas mudanças regulatórias delinearam uma trajetória de profunda alteração para o setor de biocombustíveis no Brasil, impulsionando a sustentabilidade, a inovação e a independência energética do país.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando que o objetivo geral deste estudo foi analisar o impacto da implementação do Marco regulatório do biodiesel, constituído pela Lei 11.097/2005, sobre a produção e uso do biodiesel no Brasil, este estudo traz indícios de desafios e perspectivas promissoras para o setor de biodiesel ao longo deste estudo. Alguns dos principais desafios identificados tem sido em garantir o fornecimento sustentável de matéria-prima para a produção de biodiesel e a competição do setor de biodiesel com o setor de produção de alimentos são questões complexas, assim como a busca pela otimização dos processos produtivos para reduzir ainda mais as emissões de gases de efeito estufa ao longo do ciclo de vida do biodiesel.

Por outro lado, o estudo conclui que existem perspectivas na diversificação de Matérias-Primas em face da procura de fontes alternativas e eficiência de matérias-primas, como resíduos agrícolas e industriais, podendo aumentar a disponibilidade e diversificação da oferta. Por fim, há também perspectiva no sentido de continuidade e aprimoramento de políticas e regulamentações de incentivo, como o RenovaBio, em que possam estimular os investimentos e o crescimento do setor.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS. 2018. Disponível em <<http://www.anp.gov.br>>.

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS 2019. (ANP), 2018b.

BRAGA, C. F. G. V.; BRAGA, L. V. Desafios da energia no Brasil: panorama regulatório da produção e comercialização do biodiesel. Artigo. Revista: **Opinião Cad**, 2012. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S1679-39512012000300016>>. Acesso em 22 de janeiro de 2023.

BRASIL. Decreto n. 5.297 de 6 de dezembro de 2004. Dispõe sobre os coeficientes de redução das alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS incidentes na produção e na comercialização de biodiesel, sobre os termos e as condições para a utilização das alíquotas diferenciadas, e dá outras providências. **Presidência da República**, Brasília-DF, de 6 de dezembro de 2004. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/d5297.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5297.htm)>. Acesso em 05 de novembro de 2022.

BRASIL. Decreto n. 6.458, de 14 de maio de 2008. Altera o art. 4º do Decreto nº 5.297, de 6 de dezembro de 2004, que dispõe sobre os coeficientes de redução diferenciados das alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS incidentes na produção e na comercialização de biodiesel. **Presidência da República**, Brasília-DF, de 14 de maio de 2008. Disponível em <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2008/decreto/D6458impresao.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/decreto/D6458impresao.htm)>. Acesso em 05 de novembro de 2022.

BRASIL. Decreto n. 6.606, de 21 de outubro 2008. Dá nova redação ao art. 3º do Decreto no 5.297, de 6 de dezembro de 2004, que reduz as alíquotas da Contribuição para o PIS/PASEP e da COFINS incidentes sobre a importação e a comercialização de biodiesel. **Presidência da República**, Brasília-DF, de 21 de outubro 2008. Disponível em <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=6606&ano=2008&ato=5200XQU50dVpWTfcf>>. Acesso em 05 de novembro de 2022.

BRASIL. Instrução Normativa 41/2007. Estabelece critérios específicos para a certificação de unidades produtoras.

BRASIL. Instrução Normativa MAPA nº 16/2007. certificação e utilização do Selo Combustível Social (SCS).

BRASIL. Lei n. 13.263, de 23 de março de 2016. Altera a Lei nº 13.033, de 24 de setembro de 2014, para dispor sobre os percentuais de adição de biodiesel ao óleo diesel comercializado no território nacional. **Presidência da República**, Brasília-DF, de 23 de março de 2016. Disponível em <<https://legislacao.presidencia.gov.br/atos/?tipo=DEC&numero=6606&ano=2008&ato=5200XQU50dVpWTfcf>>. Acesso em 05 de novembro de 2022.

BRASIL. Lei n. 13.576, de 26 de dezembro de 2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis (RenovaBio) e dá outras providências. **Presidência da República**, Brasília-DF, de 26 de dezembro de 2017. Disponível em <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2017/lei/113576.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/113576.htm)>. Acesso em 05 de novembro de 2022.

BRASIL. Lei nº 11.097, de 13 de janeiro de 2005. Dispõe sobre a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira; altera as Leis nºs 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.847, de 26 de outubro de 1999 e 10.636, de 30 de dezembro de 2002; e dá outras providências. **Presidência da República**, Brasília-DF, de 13 de janeiro de 2005. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2005/lei/111097.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/111097.htm)>. Acesso em 05 de novembro de 2022.

BRASIL. Resolução ANP nº 2 de 29/01/2008. Sujeita à autorização prévia da ANP a utilização de biodiesel, B100, e de suas misturas com óleo diesel, em teores diversos do autorizado pela legislação vigente, destinados ao uso específico.

BRASIL. Resolução ANP nº 25/2008. Regulamenta a atividade de produção de biodiesel, que abrange a construção, modificação, ampliação de capacidade, operação de planta produtora e a comercialização de biodiesel, condicionada à prévia e expressa autorização da ANP. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**, Brasília-DF, de 02 de setembro de 2018. Disponível em <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=109503>>. Acesso em 18 de novembro de 2022.

BRASIL. Resolução ANP nº 758/2018. Regulamenta a certificação da produção ou importação eficiente de biocombustíveis de que trata o art. 18 da Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, e o credenciamento de firmas inspetoras. **Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis**, Brasília-DF, de 23 de novembro de 2018. Disponível em <<https://atosoficiais.com.br/anp/resolucao-n-758-2018-regulamenta-a-certificacao-da-producao-ou-importacao-eficiente-de-biocombustiveis-de-que-trata-o-art-18-da-lei-no-13>>

576-de-26-de-dezembro-de-2017-e-o-credenciamento-de-firmas-inspetoras?origin=instituicao&q=Resolu%C3%A7%C3%A3o%20ANP%20n%C2%BA%20758/2018>. Acesso em 18 de novembro de 2022.

BRASIL. Resolução CNPE Nº 16 DE 29/10/2018. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional.

CAMARA DOS DEPUTADOS. Projeto de Lei (PL) n. 9086/2017. Dispõe sobre a Política Nacional de Biocombustíveis - RenovaBio e dá outras providências. **Câmara dos Deputados**, Brasília-DF, de 14 de novembro de 2017. Disponível em <<https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2162285>>. Acesso em 19 de novembro de 2022.

CONSELHO NACIONAL DE PESQUISA ENERGÉTICA. Resolução CNPE Nº 05 DE 05/06/2018. Estabelece as metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis.

CONSELHO NACIONAL DE PESQUISA ENERGÉTICA. Resolução CNPE Nº 16 DE 29/10/2018. Dispõe sobre a evolução da adição obrigatória de biodiesel ao óleo diesel vendido ao consumidor final, em qualquer parte do território nacional. **Ministério de Minas e Energia**, Brasília-DF, de 29 de outubro de 2018. Disponível em <<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe/resolucoes-do-cnpe/2018>>. Acesso em 20 de novembro de 2022.

CONSELHO NACIONAL DE PESQUISA ENERGÉTICA.. Resolução CNPE nº 14, 9/12/2020. Estabelece as diretrizes para a comercialização de biodiesel em todo território nacional, e dá outras providências.

COSTA, A. De S. **O Marco Regulatório da Indústria de Petróleo e Gás Natural no Brasil sob o prima do Regime de Informação**. Tese de Doutorado em Ciência da Informação. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2016. Disponível em <<https://ridi.ibict.br/bitstream/123456789/950/1/O%20marco%20regulat%c3%b3rio%20da%20ind%c3%b3ria%20de%20petr%c3%b3leo%20sob%20o%20prisma%20do%20regime%20de%20informa%c3%a7%c3%a3o.pdf>>. Acesso em 29 de julho de 2021.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto** / John W. Creswell ; tradução Luciana de Oliveira da Rocha. - 2. ed. - Porto Alegre: Artmed,2007. 248 p.: il. ;23cm. ISBN 978-85-363-0892-0.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). Análise de Conjuntura dos Biocombustíveis. 2020. **Nota Técnica**. Julho de 2021. Ministério de Minas e Energia, Brasília-DF, de julho de 2021.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Oferta de Biocombustíveis**. 2022. **Estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia 2032**. Dezembro de 2022. Ministério de Minas e Energia, Brasília-DF, de dezembro de 2022. Disponível em <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-689/topico-640/PDE%202032%20>

%20Oferta%20de%20Biocombustiveis\_27dez2022\_envio.pdf>. Acesso 07 de agosto de 2023.

EPBR. CNPE reduz mistura de biodiesel para 10% em 2022. Ano 2021. Disponível em <<https://epbr.com.br/cnpe-reduz-mistura-de-biodiesel-para-10-no-periodo-2022/#:~:text=Entretanto%2C%20durante%20quase%20todo%20o,o%20valor%20final%20do%20diesel.>>. Acesso em 18 de setembro de 2023.

GRANGEIA, C.; SANTOS, L.; LAZARO, L. L. B. The Brazilian biofuel policy (RenovaBio) and its uncertainties: An assessment of technical, socioeconomic and institutional aspects, **Energy Conversion and Management**: X. Volume 13, 2022, 100156, ISSN 2590-1745. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590174521000817>>. Acesso em 15 de janeiro de 2023.

INSTITUTO DE PESQUISA APLICADA (IPEA). **Biocombustíveis no Brasil**: Etanol e Biodiesel. Série: Eixos do Desenvolvimento Brasileiro. Instituto de Pesquisa Aplicada, Brasília-DF, de 26 de maio de 2010. Disponível em <[http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4448/1/Comunicados\\_n53\\_Biocumbust%c3%adveis.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4448/1/Comunicados_n53_Biocumbust%c3%adveis.pdf)>. Acesso em 29 de julho de 2021.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Relatório de consolidação dos testes para validação da utilização de misturas com biodiesel B15 em motores e veículos**. Grupo de trabalho para testes com o biodiesel. Ministério de Minas e Energia, Brasília-DF, 2019. Disponível em <<http://antigo.mme.gov.br/documents/20182/6a5a7ec6-c930-9d41-c737-04d52814546c>>. Acesso em 29 de julho de 2021.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **RenovaBio** - Nota Explicativa sobre a Proposta de Criação da Política Nacional de Biocombustíveis. Ministério de Minas e Energia, Brasília-DF, 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/36224/459938/Nota+Explicativa+RENOVABIO+-+Documento+de+CONSOLIDACAO+-+site.pdf/dc4b6756-d7ca-ab6a-4aac-226c4b8bf436>>. Acesso em: novembro de 2022.

MORENO-PÉREZ *et al.* Taking stock of the evolution of the biodiesel industry in Brazil: business concentration and structural traits. **Energy Pol.**, 110 (2017), pp. 525-533.

NOVACANA. Pandemia, emissão de CBios, impasse sobre metas: usinas avaliam 1º ano de RenovaBio, 2021b Available at: <<https://www.novacana.com/n/industria/usinas/pandemia-emissao-cbios-impasse-metas-usinas-avaliam-ano-renovabio-050120>>.

POUSA *et al.* History and policy of biodiesel in Brazil. **Energy Pol.**, 35 (2007), pp. 5393-5398. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030142150700211X>>. Acesso em 14 de janeiro de 2023.

REI, F. C. F.; GONÇALVES, A. F.; SOUZA, L. P. de. Acordo de Paris: reflexões e desafios para o regime internacional de mudanças climáticas. Artigo. **Veredas do Direito**, Belo Horizonte, v.14, n.29, p.81-99, Mai./Ago. de 2017. Disponível em <<http://revista.domhelder.edu.br/index.php/veredas/article/view/996>>. Acesso em 30 de maio de 2019.

RODRIGUES, A.C.C. Policy, regulation, development and future of biodiesel industry in Brazil, **Cleaner Engineering and Technology**, Volume 4, 2021, 100197, ISSN 2666-7908, <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100197>. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790821001579>>. Acesso em 14 de janeiro de 2023.

SCOTLAND. Biomass action plan for Scotland Edinburgh: **Scottish Executive**, 2007.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS (SEBRAE). **Biodiesel**. 2007. Disponível em <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/NT00035116\\_000gihb7tn102wx5ok05vadr1szzvy3n.pdf](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/NT00035116_000gihb7tn102wx5ok05vadr1szzvy3n.pdf)>. Acesso em maio de 2021.

TOLMASQUIM, M. T.; PINTO JR., H. Q. (Orgs). **Marcos regulatórios da indústria mundial do petróleo**. Rio de Janeiro: Synergia/EPE, 2011.

## **6. ANÁLISE DA DINÂMICA DA COMPETITIVIDADE DO BIODIESEL NA REGIÃO DO MATOPIBA (Artigo 3)**

### **RESUMO**

Este artigo partiu do seguinte questionamento: quais são as condições de viabilidade para a produção do biodiesel na região MATOPIBA em relação ao cenário brasileiro? o objetivo geral deste estudo é analisar a viabilidade do biodiesel na região do MATOPIBA, levando em consideração a dinâmica da competitividade do setor no Brasil. A metodologia adotada foi realizada em três etapas: seleção da área de estudo, coleta e análise dos dados. Para tanto, foram utilizadas fontes secundárias da ANP para coletar dados sobre o mercado de biodiesel no Brasil e, em seguida, foram comparadas com dados da região do MATOPIBA, o que permitiu avaliar a capacidade produtiva, principal matéria-prima utilizada na produção de biodiesel e a posição da região no mercado. Ao analisar a dinâmica de competitividade do biodiesel na região do MATOPIBA, fica evidente que a Granol Indústria, Comércio e Exportação S/A se destaca como uma indústria altamente competitiva tendo como seus principais concorrentes, as empresas chinesas instaladas no Estado do Mato Grosso, que possuem capacidade produtiva superior a da Granol. O estudo revelou, ainda, que o Distrito Federal é o principal destino das vendas tanto da Granol quanto de seus concorrentes.

**Palavras-chave:** Biodiesel, Viabilidade, MATOPIBA, Mercado, Competitividade.

### **ABSTRACT**

This article started from the following question: what are the viability conditions for the production of biodiesel in the MATOPIBA region in relation to the Brazilian scenario? The general objective of this study is to analyze the viability of biodiesel in the MATOPIBA region, taking into account the dynamics of the sector's competitiveness in Brazil. The methodology adopted was carried out in three stages: selection of the study area, data collection and analysis. For this purpose, secondary sources from the ANP were used to collect data on the biodiesel market in Brazil and, then, they were compared with data from the MATOPIBA region, which allowed evaluating the productive capacity, the main raw material used in the production of biodiesel. and the region's position in the market. When analyzing the competitiveness dynamics of biodiesel in the MATOPIBA region, it is evident that Granol Indústria, Comércio e Exportação S/A stands out as a highly competitive industry, having as its main competitors the Chinese companies installed in the State of Mato Grosso, which have a higher production capacity than Granol. The study also reveals that the Federal District is the main sales destination for both Granol and its competitors.

**Keywords:** biodiesel, viability, MATOPIBA, market, competitiveness.

## **1 INTRODUÇÃO**

Sabe-se que a região do MATOPIBA, composta pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, vem ganhando destaque no cenário econômico nas últimas décadas devido ao seu potencial agrícola e pecuário. O clima favorável, solos férteis e disponibilidade de água fazem da região um ambiente propício para a produção de grãos, fibras e carne bovina.

Nesse contexto, percebeu-se que com o passar dos anos, a produção agrícola no MATOPIBA tem experimentado um crescimento significativo, especialmente na produção de soja, milho e algodão, com aumento na área plantada e na produtividade. Segundo dados do IBGE (2023), a produção de soja aumentou de 3,3 milhões de toneladas em 1990 para mais de 21,2 milhões de toneladas em 2020, um crescimento de mais de 540%. O milho teve um aumento de mais de 380%, passando de cerca de 2,2 milhões de toneladas em 1990 para mais de 10,7 milhões de toneladas em 2020. Já a produção de algodão apresentou um crescimento de mais de 900%, saltando de cerca de 134 mil toneladas em 1990 para mais de 1,4 milhão de toneladas em 2020.

Dessa forma, a região do MATOPIBA é uma área de grande potencial econômico e agrícola, com um futuro promissor na produção de alimentos e energia limpa.

Este artigo tem como principal objetivo analisar a viabilidade do biodiesel na região do MATOPIBA, levando em consideração a dinâmica da competitividade do setor no Brasil. Para tanto, pretende responder a seguinte pergunta: Quais são as condições de viabilidade para a produção do biodiesel na região MATOPIBA em relação ao cenário brasileiro?

Portanto, torna-se necessário buscar a resposta entendendo que o setor de biodiesel é de grande importância para a economia brasileira e para o setor energético, pois é uma fonte renovável de energia que contribui para a redução das emissões de gases de efeito estufa e para a diversificação da matriz energética.

Outrossim, o estudo torna-se relevante dado ao fato de que a região do MATOPIBA é importante produtora de oleaginosas, como a soja, que se tornou a principal matéria-prima para a produção de biodiesel, sendo fundamental entender os fatores que influenciam a competitividade desse setor na região e sua posição no mercado em relação aos concorrentes para identificar possíveis soluções que contribuam para sua viabilidade econômica e sustentabilidade.

## **PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**



Os procedimentos metodológicos adotados para alcançar os objetivos propostos neste estudo estão divididos em três etapas: a) seleção da área de estudo; b) coleta de dados; e c) análise e interpretação dos dados.

## **2.1 Seleção da Área de Estudo**

A área de estudo desta pesquisa abrange as regiões brasileiras, porém, mais especificamente, a região do MATOPIBA no Brasil, que é formada pelos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, ou seja, é uma região brasileira definida pelo Decreto n. 8.447, de 06 de maio de 2015, que dispõe sobre o Plano de Desenvolvimento Agropecuário do MATOPIBA que visa promover e coordenar políticas públicas voltadas para o desenvolvimento econômico sustentável baseado em atividades agropecuárias que resultem na melhoria da qualidade de vida da população.

## **2.2 Coleta de dados**

Para a coleta dos dados, foram utilizadas fontes secundárias de dados do Sistema de Manejo do Produtor da ANP (Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis) - órgão responsável pela regulamentação do mercado de biocombustíveis no Brasil, no qual foi possível obter informações sobre Indústrias de Biodiesel, capacidade de produção, estoque, tipo de matéria-prima utilizada na produção, vendas e consumo nas regiões brasileiras para entender o contexto em que a região do MATOPIBA está inserida.

## **2.3 Análise e Interpretação dos dados**

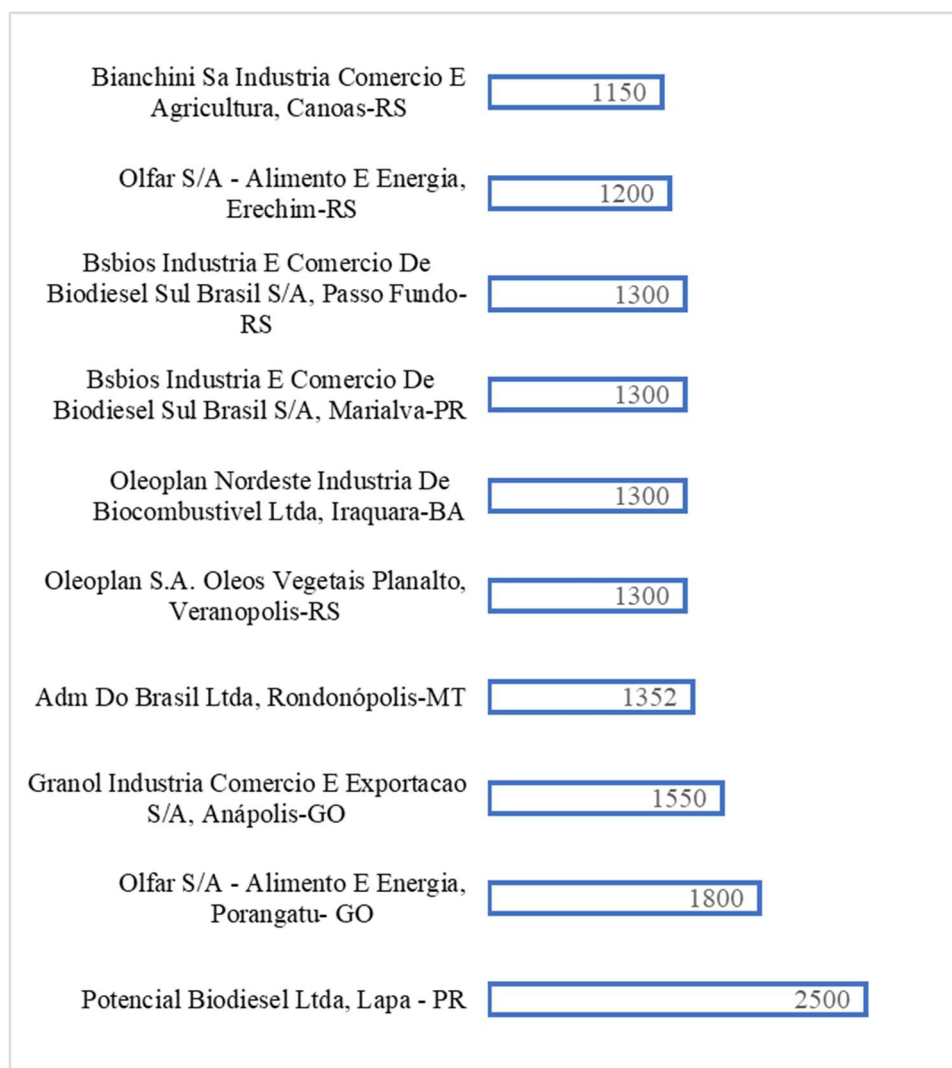
Para realizar a análise do mercado de biodiesel na região do MATOPIBA, foi necessário obter dados de produção, vendas, estoques, tipos de matéria-prima e capacidade de produção. Esses dados foram tabulados e transformados em gráficos para que fosse possível comparar a dinâmica do setor em relação a outras regiões brasileiras.

Primeiramente, foram organizadas todas as informações das regiões brasileiras e do MATOPIBA e, posteriormente, os dados da região do MATOPIBA foram comparados com dados de outras regiões brasileiras, com o objetivo de identificar a dinâmica do setor em termos de produção, comercialização, capacidade produtiva e tipos de matérias-primas utilizadas.

Por meio da análise dos gráficos, foi possível avaliar separadamente a capacidade instalada das indústrias de biodiesel da região do MATOPIBA em relação à demanda do mercado, bem como as principais matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel na



Figura 2 - Ranking das maiores indústrias de biodiesel por capacidade de produção em m<sup>3</sup> no Brasil até dezembro de 2021

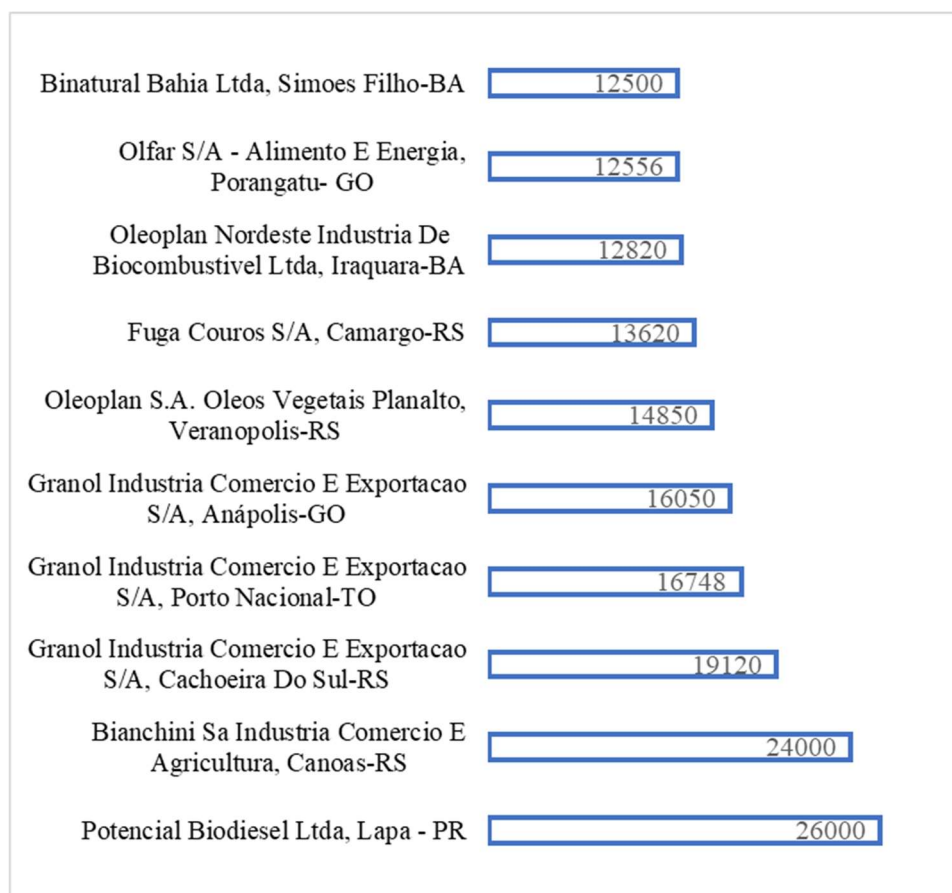


Fonte: ANP (2022)

Observa-se, com base na capacidade de produção de biodiesel, que as maiores indústrias de biodiesel do Brasil estão instaladas nas regiões Sul e Centro-Oeste, porém, os 03 (três) maiores produtores do Biodiesel no Brasil estão localizados no município de Lapa, Estado do Paraná, em seguida, nos municípios de Porangatu-GO e em Anápolis-GO.

Outro dado importante que este estudo buscou identificar está relacionado aos maiores estoques de biodiesel produzidos, levando em consideração a capacidade de tancagem até dezembro de 2021 das indústrias instaladas nos diversos municípios brasileiros, como mostra a figura a seguir.

Figura 3 - Ranking dos maiores estoques de biodiesel por tancagem em m<sup>3</sup> no Brasil até dezembro de 2021



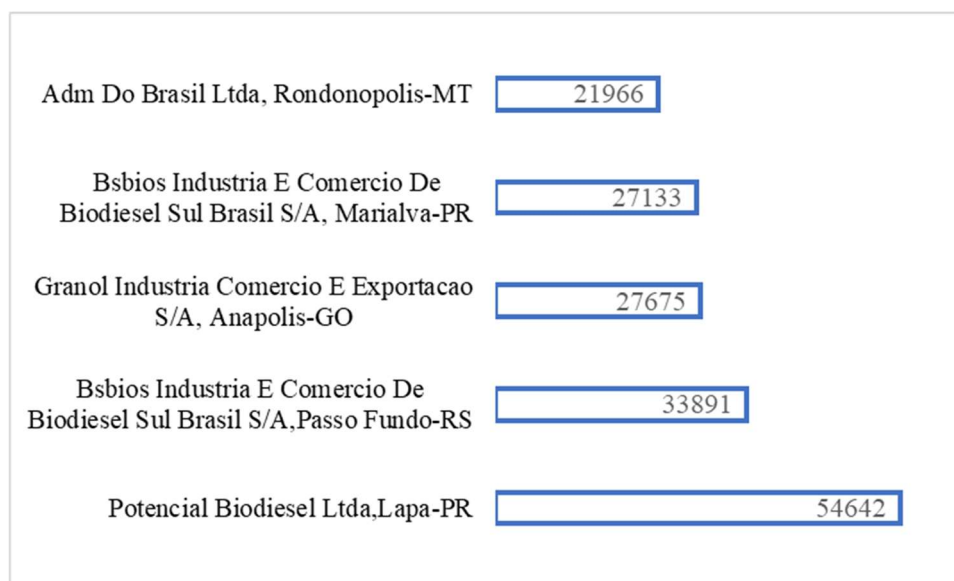
Fonte: ANP (2022).

Ao observar a Figura 3 e analisar a dinâmica da competitividade do biodiesel na região do MATOPIBA, torna-se evidente um cenário de competição entre as empresas do setor. Nota-se um destaque especial para aquelas localizadas no sul e centro-oeste, em contraste com a produtora de biodiesel situada na região norte do Brasil. Tal destaque deve, em grande parte, à posse de estoques de biodiesel substanciais por parte das indústrias localizadas nas regiões sul e centro-oeste. Na região norte, encontra-se a Granol Indústria, Comércio e Exportação S/A, sediada em Porto Nacional - TO, conforme demonstrado na Figura 3, essa empresa se destaca por possuir uma das maiores capacidades de armazenamento do produto, o que pode configurar como um diferencial de competitividade no mercado.

No entanto, sabe-se que a dinâmica da competitividade do setor é muito complexa e envolve diversos fatores, como a oferta e demanda por biodiesel, os preços do produto no mercado nacional e internacional, as políticas governamentais e as condições climáticas. Apesar desses desafios, a Granol tem conseguido manter sua posição de destaque na região do MATOPIBA.

Em resumo, a análise da dinâmica da competitividade do biodiesel na região do MATOPIBA em relação à tancagem do biodiesel até meados de 2021 mostra que a Granol Indústria, Comércio e Exportação S/A é uma das empresas que se destacam no setor, mas que o mercado é muito competitivo e exige que as empresas estejam sempre buscando formas de se reinventar e se adaptar às mudanças.

Figura 4 - Maiores indústrias de biodiesel que utilizaram a soja como principal matéria-prima em quantidade por m<sup>3</sup> no Brasil até dezembro de 2021



Fonte: ANP, 2022

Com relação às principais matérias-primas utilizadas pelas principais indústrias de biodiesel, pode-se observar na figura anterior que a soja é a preferência dos maiores concorrentes de biodiesel no Brasil. César *et. al.*, (2019) em seu estudo mostraram que as usinas de biodiesel localizadas na região Sul se destacam por estarem próximas ao polo produtor de soja, mas também enfrentam forte concorrência de outras regiões brasileiras na demanda de soja para si para se ter uma ideia, em média 75% da soja que abastece as fábricas do Nordeste vem do Sul.

De forma dinâmica, pode-se observar na figura 4 que grande parte da produção de biodiesel no Brasil tem a soja como principal matéria-prima. Em suma, as decisões sobre quais matérias-primas usar seguem uma lógica econômica que inclui empresas produtoras de biodiesel em busca de competitividade no mercado, sobreposição de incentivos e tentativas governamentais de diversificação (DURÃES, 2012; LEÃO, HAMACHER E OLIVEIRA, 2011; PADULA *et. al.*, 2012).

Segundo César *et. al* (2019), embora haja grande potencial no Brasil para diversificação de matérias-primas oleaginosas, a soja ainda constitui a maior parte das matérias-primas que alimentam a cadeia produtiva do biodiesel. Nos lugares onde a soja está consolidada, há dificuldades em trabalhar com projetos relacionados à diversificação de oleaginosas para a produção de biocombustíveis (GOMES; BIONDI E GLASS,2010).

Diversos autores como Dal Belo Leite *et. al* (2013); César (2012); Campos e Carmelio (2006) explicam que a soja é uma oleaginosa que tem preços relativamente mais baixos e produção em maior escala, fatores que explicam porque a produção de biodiesel usa essa oleaginosa quase que exclusivamente no Brasil. Para César *et. al* (2019), as seguintes características adicionais também tornam a soja uma das opções mais viáveis para a produção de biodiesel: opções de conversibilidade do produto; o menor risco de desabastecimento; e a forma como está estruturada a sua cadeia de abastecimento.

Para Durães (2012), o volume de produção de outras oleaginosas, pelo menos no curto prazo, não as coloca em condições de atender à crescente demanda por adições de biodiesel no Brasil. Assim, aproximadamente 70% do biodiesel brasileiro é feito a partir da soja. O sebo bovino responde por aproximadamente 17% da produção total. As matérias-primas predominantes nas regiões Norte e Nordeste, como a mamona e o dendê, não têm participação significativa na produção de biodiesel (ABIOVE, 2018).

Em relação às regiões que mais produziram biodiesel no país em 2020, observou-se que 80,01% do biodiesel produzido no Centro-Oeste e 75,95% do que foi produzido no Sul teve a soja como principal matéria-prima. No entanto, no Sudeste, mostra-se que 31% da matéria-prima utilizada na produção do biodiesel é proveniente da gordura bovina.

Diante dos dados levantados, os autores Paulillo, Batalha e Buainaim (2007) e Zonin *et. al* (2014) explicam que essa alta utilização de apenas uma cultura para produção de biodiesel se deve ao seu alto nível tecnológico e ao fato de é produzido em grande escala parte do território brasileiro, como Centro-Oeste e Sul, estendendo-se também ao Nordeste. Dentre as diversas oleaginosas produzidas no Brasil, a soja é a que apresenta a cadeia produtiva nacional mais bem organizada (Durães, 2012; Fearnside, 2000 e Villela 2009) em que para Stattman, Hospes; Mol (2013/2014) o que torna a soja suficiente para atender a demanda de biodiesel no Brasil, além de ter preços os mais competitivos em relação a outras matérias-primas.

Evidentemente, Centro-Oeste e Sul são as regiões que possuem o maior número de produtoras e, ao mesmo tempo, as regiões que mais produzem biodiesel. Com base no exposto, na opinião de Stattman e Mol (2014), a produção de biodiesel na região sul do Brasil atende aos objetivos sociais do PNPB, quando envolve um arranjo produtivo com características que valorizam o potencial agrícola da região e o know-how na produção de grãos e óleo vegetal. Para César *et. al.*, (2019), o biodiesel produzido na região Sul, seguindo a tendência nacional, apresenta a soja como principal insumo, e os pequenos agricultores, organizados em cooperativas, como principais provedores. Portanto, o termo “cadeia produtiva social da soja” é adotado neste trabalho.

Os autores afirmam que embora existam muitos estudos sobre biocombustíveis, a indústria do biodiesel ainda é incipiente e que pouco se sabe sobre como as diferentes etapas dessa cadeia produtiva devem se organizar para obter os melhores resultados socioeconômicos e melhor competitividade conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Matéria-prima para produção de biodiesel em m<sup>3</sup>

| Ano  | Matéria-Prima para produção de biodiesel em M <sup>3</sup> | Taxa de Crescimento da matéria-prima |
|------|--|--------------------------------------|
| 2017 | 7.227.443  | 0%                                   |
| 2018 | 8.336.405  | 15,34%                               |
| 2019 | 9.041.978  | 8,46%                                |
| 2020 | 9.548.504  | 5,60%                                |

Fonte: Dados do Sistema de Movimentação de Produtoras da ANP e do ODK (2022)

No geral, 2018 foi um período em que a produção de matéria-prima de biodiesel aumentou em média 15,34% em relação a 2017. Observa-se na Tabela supracitada que, após 2018, o ritmo de crescimento da matéria-prima destinada à produção de biodiesel nos anos de 2019 e 2020 foi reduzida gradativamente, registrando 8,46% no ano de 2019 e 5,60 no ano de 2020.

Segundo Rodrigues (2021), mesmo com o crescimento do teor de biodiesel no diesel, de 2014 para 2018, de 5% para 10%, a produção de biodiesel não atingiu o cenário esperado pelo mercado produtor de biodiesel, o que para o autor, essa decepção está relacionada ao agravamento da crise brasileira, com a queda do PIB, levando à queda nas vendas de óleo diesel (que contém biodiesel).

Segundo Rodrigues (2021), considerando a previsão de aumento percentual do biodiesel e da produção de biodiesel em 2018, dois cenários diferentes podem ser

vislumbrados: o primeiro, considerando apenas a projeção de aumento do teor de biodiesel no óleo diesel e o segundo, incluindo o crescimento das vendas de óleo diesel em torno de 2% ao ano (equivalente a um crescimento do PIB de 1%).

Para o autor, considerando as projeções de demanda de biodiesel, principalmente para o cenário de crescimento econômico (mesmo que moderado), isso leva o país a um aumento para 9,4 milhões de m<sup>3</sup> de biodiesel em 2024, o que exigirá que uma parcela a mais de soja seja processada no país para aumentar a disponibilidade de óleo vegetal, uma vez que sem aumentar a produção de soja, seria necessário aumentar o processamento de soja de 27% em 2018 para algo em torno de 40 a 45%.

Rodrigues (2021) aponta que ainda não são conhecidos os impactos da pandemia da COVID-19, mas o cenário mais esperado será o de menor demanda, com quase nenhum aumento do PIB no período 2020-2024 (queda acentuada em 2020 com recuperação entre 2021 e 2024). Para o autor, por causa de acontecimentos recentes, como a redução do preço do petróleo e a pandemia de Covid-19, já há queda na demanda por biodiesel, mas ela pode ser alcançada em 2024 se o governo escolher as ferramentas econômicas certas.

Nesse sentido, Rodrigues (2021), em seu estudo, afirma que outras políticas complementares, como o incentivo à agricultura familiar e à indústria local (no caso do Brasil), podem ser integradas à política de produção de biodiesel, com cuidado e monitoramento contínuo para não aumentar a complexidade ou o custo do programa.

Esta seção conclui apresentando uma visão panorâmica de que os principais concorrentes do biodiesel no Brasil estão concentrados nas regiões Sul e Centro-Oeste, especialmente nos estados do Sul e em Goiás, onde a soja é a matéria-prima predominante. No entanto, em relação ao estoque de biodiesel em dezembro de 2021, a região norte destaca-se entre esses principais concorrentes, com destaque especial para o estado do Tocantins, que figura entre os cinco maiores concorrentes em termos de capacidade de armazenamento de biodiesel. Essa análise revela que a competitividade do biodiesel brasileiro ocorre internamente entre as diferentes regiões do país.

### 3.2. Dinâmica do Biodiesel no MATOPIBA

Inicialmente, é importante destacar que MATOPIBA é uma sigla que faz alusão às iniciais dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, que geograficamente fazem parte



da fronteira agrícola do cerrado brasileiro. Segundo Vennet *et al.* (2016) e Oliveira (2016), o MATOPIBA, que carrega o peso da expansão da soja desde 2003, portanto, não vive mais tanta migração de agricultores familiares do sul do Brasil, mas o crescimento de produção da soja financiado em grande parte pelo Norte global. Para Lopes, Lima e dos Reis (2021), a soja é uma cultura relativamente cara de cultivar e beneficia-se enormemente de economias de escala, ou seja, pequenos produtores são praticamente inexistentes em suas áreas de expansão, embora as fazendas de soja mantenham certa heterogeneidade, a consolidação significava unidades cada vez maiores.

Para os autores, antes vista como remota, a região recebeu maciços investimentos públicos e privados em armazenagem de grãos, transporte de cargas e infraestrutura portuária. Enquanto isso, desenvolvimentos agronômicos permitiram o cultivo da soja, apesar do estresse hídrico que caracteriza grande parte desse segmento do cerrado norte (Lopes; Lima; Dos Reis, 2021). Diante desse entendimento, foi necessário realizar uma análise das vendas no período de dezembro de 2021 para entender as indústrias de biodiesel em termos de competitividade interna e externa à região.

Pode-se constatar que a Granol Indústria Comércio e Exportação S/A, localizada no Estado do Tocantins, em dezembro de 2021, esteve entre as 20 (vinte) maiores indústrias de biodiesel em relação à capacidade de produção por m<sup>3</sup> no Brasil e é a única indústria de biodiesel instalada na região do MATOPIBA. Outro fator interessante em relação à região do MATOPIBA é que, como há apenas uma indústria de biodiesel instalada na região, pode-se dizer que não há concorrentes internos, ou seja, empresas que comercializam o mesmo produto no local analisado. Por outro lado, há concorrência direta com a indústria de biodiesel instalada na região, que são aquelas que vendem o mesmo produto, mas para os mesmos destinos. Para tanto, procurou-se selecionar as vendas de biodiesel para o mês de dezembro de 2021 em que tenham o mesmo destino das vendas para os estados onde a Granol Indústria Comércio e Exportação S/A, sediada em MATOPIBA, comercializa ao longo dos anos, conforme visto no Tabela 2.

Tabela 2 - Vendas biodiesel b100 em dezembro de 2021 – em m<sup>3</sup>

| <b>ORIGEM</b> | <b>DESTINO</b>   | <b>VENDAS BIODIESEL B100 M<sup>3</sup></b> |
|---------------|------------------|--|
| Bahia         | São Paulo        | 24826                                      |
| Bahia         | Minas Gerais     | 1778                                       |
| Bahia         | Distrito Federal | 622  |

|                    |                     |       |
|--------------------|---------------------|-------|
| Bahia              | Maranhão            | 211   |
| Goiás              | Goiás               | 63054 |
| Goiás              | Maranhão            | 6982  |
| Goiás              | Pará                | 6935  |
| Goiás              | Distrito<br>Federal | 1653  |
| Goiás              | São Paulo           | 140   |
| Mato Grosso        | Pará                | 38664 |
| Mato Grosso        | Distrito<br>Federal | 21596 |
| Mato Grosso        | São Paulo           | 7979  |
| Mato Grosso        | Goiás               | 4008  |
| Mato Grosso        | Maranhão            | 3819  |
| Mato Grosso        | Minas Gerais        | 3651  |
| Mato Grosso        | Pernambuco          | 467   |
| Mato Grosso do Sul | Minas Gerais        | 9879  |
| Mato Grosso do Sul | São Paulo           | 8289  |
| Mato Grosso do Sul | Distrito<br>Federal | 477   |
| Minas Gerais       | Minas Gerais        | 12219 |
| Paraná             | São Paulo           | 41300 |
| Paraná             | Minas Gerais        | 12909 |
| Paraná             | Goiás               | 745   |
| Piauí              | Pernambuco          | 1637  |
| Piauí              | São Paulo           | 1208  |
| Piauí              | Pará                | 331   |
| Piauí              | Maranhão            | 99    |
| Rio de Janeiro     | Minas Gerais        | 1749  |
| Rio de Janeiro     | São Paulo           | 1656  |
| Rio Grande do Sul  | São Paulo           | 46446 |
| Rio Grande do Sul  | Minas Gerais        | 1018  |
| Rio Grande do Sul  | Goiás               | 56    |
| Rondônia           | Pará                | 1463  |
| Santa Catarina     | São Paulo           | 1664  |
| São Paulo          | São Paulo           | 5648  |
| São Paulo          | Minas Gerais        | 2381  |
| São Paulo          | Goiás               | 791   |
| Tocantins          | Distrito<br>Federal | 6108  |
| Tocantins          | Pará                | 2993  |
| Tocantins          | Maranhão            | 1877  |
| Tocantins          | São Paulo           | 607   |
| Tocantins          | Minas Gerais        | 340   |
| Tocantins          | Pernambuco          | 171   |
| Tocantins          | Goiás               | 113   |

|              |         |
|--------------|---------|
| <b>TOTAL</b> | 524.879 |
|--------------|---------|

Fonte: ANP (2022) Adaptado pelo autor

De acordo com a Tabela 2, observa-se que, em dezembro de 2021, as indústrias de biodiesel no Brasil comercializaram 524.879 m<sup>3</sup> de biodiesel b100 e a indústria de MATOPIBA 12.209 m<sup>3</sup>, correspondendo a 2% das vendas totais no Brasil. Tendo em vista a análise da dinâmica da competitividade do biodiesel na região do MATOPIBA em relação ao principal destino das vendas de biodiesel pela Granol Indústria, Comércio e Exportação S/A, percebe-se um cenário de grande competição entre as empresas do setor, já que existem diversas empresas concorrentes no mercado disputando espaço nesses mesmos estados.

Entre os principais concorrentes externos da Granol estão indústrias localizadas no estado do Mato Grosso, como Adm do Brasil Ltda, Cofco International Brasil S/A e Delta Cuiabá Produtora de Biocombustíveis Ltda, que possuem capacidade de produção de biodiesel superior a da Granol e, também, operam em regiões próximas aos principais destinos de vendas da Granol.

Em termos de competitividade, vale destacar que a Adm Brasil é uma das multinacionais de grãos denominadas empresas ABCD em que se tornou cada vez mais influente no mercado internacional por meio de fusões e aquisições, a capacidade instalada de empresas como a Adm Brasil no Brasil aumentou dez vezes entre 1995 e 2002, agora controlando metade de todas as operações de esmagamento de soja no Cone Sul (WESZ JR, 2016).

Ainda em termos de competitividade, pode-se notar que a ADM é um dos principais players do mercado internacional cuja fábrica de ingredientes alimentícios foi construída em 2009 na China (Mores *et. al* 2021), ou seja, tanto a ADM quanto a Cofco International são empresas internacionais chinesas, que possuem uma de suas filiais na área de produção de biodiesel com sede na cidade de Rondonópolis-MT, que competem com a Indústria Comércio e Exportações S/A de Porto Nacional, Tocantins.

Tendo em vista as vendas de biodiesel b100 realizadas em dezembro de 2021 pela indústria tocantinense em comparação com as indústrias de biodiesel de Rondonópolis, Mato Grosso, é fundamental, dada a ascensão da China como grande compradora e investidora de soja, globalizar ainda mais o ímpeto para o “desenvolvimento” do MATOPIBA (TORRES *et al*, 2017). A China sozinha compra até 60% da produção de soja do Brasil (TRASE, 2018).

Além disso, traders chineses de soja, como a COFCO, têm ganhado presença cada vez maior em meio aos complexos arranjos entre o capital asiático e o agronegócio brasileiro (Oliveira, 2019).

Ao contrário, a Granol, que foi fundada em 1965 em São Paulo, com filiais em Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Rio Grande do Sul, Minas Gerais e Tocantins, instalando-se em 2009 em Porto Nacional, atuando-se na área de assistência, produção, comercialização, armazenamento, processamento, biocombustíveis e logística (FELICIANO E ROCHA, 2019).

Diante desses dados, a dinâmica do biodiesel na região do MATOPIBA reflete um cenário competitivo no qual a Granol Indústria, Comércio e Exportação S/A, sediada em Porto Nacional-TO, desempenha um papel de destaque, embora, tenha enfrentado uma concorrência significativa de indústrias do estado do Mato Grosso, como a Adm do Brasil Ltda, Cofco International Brasil S/A e Delta Cuiabá Produtora de Biocombustíveis Ltda, a Granol se diferencia pela capacidade de armazenamento de biodiesel. Percebe-se também que a competitividade é impulsionada pelo contexto internacional, em que empresas multinacionais como a Adm Brasil e Cofco International, ambas chinesas, têm investido na produção de biodiesel.

Para aprofundar o debate sobre a competitividade das empresas no mercado de biodiesel, o ranking de capacidade de produção e estoque de biodiesel é uma ferramenta fundamental que permite avaliar a posição de cada empresa em relação aos seus concorrentes, levando em consideração sua capacidade de produção e estoque de biodiesel. Por isso, apresenta-se a Tabela 3 que traz informações subordinadas sobre a capacidade de produção e estoque de cada empresa do MATOPIBA e seus concorrentes na venda para o DF e PA em dezembro de 2021, medidor em metros cúbicos (m<sup>3</sup>).

Tabela 3 - Ranking de capacidade de produção e estoque de biodiesel da indústria de biodiesel do MATOPIBA e suas concorrentes na venda para o DF e PA em 12/2021 em m<sup>3</sup>

| <b>Ordem</b> | <b>Indústria</b>  | <b>Cap. de Prod em m<sup>3</sup> por dia</b> | <b>Tancagem em m<sup>3</sup></b> |
|--------------|---|--|----------------------------------|
| 1º           | Adm do Brasil Ltda, Rondonópolis-MT                       | 1352   | 6978                             |
| 2º           | Cofco International Brasil S/A, Rondonópolis-MT           | 1100   | 8472                             |
| 3º           | Delta Cuiabá Produtora de Biocombustíveis Ltda, Cuiabá-MT | 1000   | 5100                             |

|     |   |     |       |
|-----|---|-----|-------|
| 4º  | Granol Indústria Comércio E Exportação S/A, Porto Nacional-TO                                 | 800 | 16748 |
| 5º  | Bunge Alimentos S/A, Nova Mutum-MT  | 497 | 9300  |
| 6º  | Jbs S/A, Campo Verde-MT   | 410 | 5100  |
| 7º  | Biopar Produção De Biodiesel Parecis Ltda, Nova Marilandia-MT                                 | 288 | 4500  |
| 8º  | Caramuru Alimentos S/A, Sorriso-MT  | 285 | 4416  |
| 9º  | Caibiense Gran Vita Ltda, Rondonópolis-MT   | 250 | 1160  |
| 10º | Usina Barralcool S/A, Barra Do Bugres-MT  | 190 | 3012  |
| 11º | Bio Oleo Indústria E Comercio De Biocombustível Ltda – Epp, Cuiabá-MT                         | 150 | 750   |
| 12º | Bio Vida Produção E Comercio De Biodiesel Ltda – Me, Várzea Grande-MT                         | 150 | 295   |
| 13º | Taua Biodiesel Ltda, Nova Mutum-MT  | 100 | 1764  |
| 14º | Cooperativa Agroindustrial Dos Produtores Rurais De Feliz Natal – Cooperfeliz, Feliz Natal-MT | 100 | 500   |
| 15º | Ssil Sociedade Sales Industrial Ltda – Epp, Rondonópolis-MT                                   | 50  | 340   |
| 16º | Aliança Biocombustível Ltda, Rondonópolis-MT  | 10  | 410   |

Fonte: ANP 2022. Adaptado pelo autor

Pode-se observar na Tabela 3 que dentre as indústrias de biodiesel instaladas no Estado de Mato Grosso que comercializam biodiesel para o Estado do Pará e Distrito Federal, como Adm do Brasil Ltda, Cofco International Brasil S/A e Delta Cuiabá Produtora de Biocombustíveis Ltda são aquelas que possuem capacidade de produção em metros cúbicos por dia maior que a capacidade de produção da Granol Indústria Comércio e Exportação S/A do Tocantins, que faz parte do MATOPIBA.

Diante do contexto das concorrentes na venda de biodiesel para o DF e PA, nota-se que a Granol Indústria, Comércio e Exportação AS é a 4ª maior indústria de biodiesel do país, com capacidade de produção por m<sup>3</sup> por dia entre as maiores do Brasil. No entanto, em termos de estoque de biodiesel, a Granol está em primeiro lugar no ranking em relação aos seus concorrentes nas vendas para o Distrito Federal e Pará, o que pode ser uma vantagem competitiva para a empresa, pois, pode-se garantir a disponibilidade do produto no mercado e evitar interrupções no fornecimento. Em resumo, o estoque de biodiesel pode ser uma

vantagem, mas é preciso buscar outras formas de diferenciação e inovação para se destacar na concorrência. Outro fator relacionado à estocagem de biodiesel é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Percentual de utilização da Capacidade de Produção de Biodiesel em m<sup>3</sup> por mês entre as maiores indústrias que competem com a indústria do MATOPIBA

| <b>Indústria</b>  | <b>Capacidade de Produção Biodiesel (m<sup>3</sup>/d)</b> | <b>Estoque mensal (tancagem) biodiesel (m<sup>3</sup>)</b> | <b>% de ocupação</b> |
|---|---|--|----------------------|
| Adm do Brasil Ltda, Rondonópolis-MT                           | 1352  | 6978   | 17%                  |
| Cofco International Brasil S/A, Rondonópolis-MT               | 1100  | 8472   | 26%                  |
| Delta Cuiabá Produtora de Biocombustíveis Ltda, Cuiabá-MT     | 1000  | 5100   | 17%                  |
| Granol Indústria Comércio E Exportação S/A, Porto Nacional-TO | 800   | 16748  | 70%                  |

Fonte: ANP 2022. Adaptado pelo autor

Matematicamente, a Granol possui uma capacidade de produção diária de 800 m<sup>3</sup> de biodiesel, o que equivale a um armazenamento mensal máximo de 24.000 m<sup>3</sup>. No entanto, é importante destacar que o estoque médio mensal tem sido de aproximadamente 16.748 m<sup>3</sup>. Isso significa que cerca de 30% da capacidade de produção de biodiesel tem sido ociosa.

Em contrapartida, A Adm do Brasil Ltda, Rondonópolis-MT possui uma capacidade de produção diária de 1.352 m<sup>3</sup> de biodiesel, o que equivale a um armazenamento mensal máximo de 40.560 m<sup>3</sup>. No entanto, é importante destacar que o estoque médio mensal da indústria de Rondonópolis tem sido de aproximadamente 6.978 m<sup>3</sup>. Isso significa que cerca de 83% da capacidade de produção de biodiesel em Rondonópolis tem sido ociosa.

Entende-se que a capacidade ociosa de produção de biodiesel da indústria de biodiesel no MATOPIBA, além de ser mais favorável que a dos concorrentes chineses sediados em Rondonópolis, também é mais favorável que a média nacional, pois cerca de 45% da capacidade de produção de biodiesel é ociosa mesmo com a introdução do biodiesel na matriz energética brasileira, a partir da mistura de biodiesel ao diesel em que entre 2008 e 2010 variou de 2% a 5% com aumento gradativo para 12% (B12) até 2020. (CANABARRO *et. al.*, 2023).

Em relação à capacidade de produção de biodiesel e capacidade de produção ociosa no contexto da indústria de biodiesel no MATOPIBA, vale ressaltar que, no estudo de Rodrigues (2021), ficou evidente que ao final de 2007, a capacidade autorizada de biodiesel era 6 vezes o consumo de biodiesel, em que a capacidade média autorizada passou de 30 m<sup>3</sup>/dia (em 2005) para 153 m<sup>3</sup>/dia (em 2007). Ou seja, as novas unidades de biodiesel tiveram uma capacidade média superior cinco vezes às primeiras unidades autorizadas, pois o excesso de capacidade deveu-se às próximas etapas previstas do programa, com meta de atingir 5% em poucos anos (RODRIGUES, 2021).

Em resumo, ao analisar as capacidades de produção e estoque de biodiesel no contexto da indústria no MATOPIBA, percebe-se uma diferença notável entre as empresas concorrentes. Enquanto a Granol tem capacidade de produção diária de 800 m<sup>3</sup> e capacidade ociosa em torno de 30% de sua capacidade, a Adm do Brasil Ltda, com sede em Rondonópolis-MT, tem capacidade de produção diária de 1.352 m<sup>3</sup> e capacidade ociosa de aproximadamente 83% em sua Produção.

Por fim, entende-se que a capacidade ociosa de produção de biodiesel na região do MATOPIBA se destaca em relação aos concorrentes chineses em Rondonópolis e é ainda mais favorável quando comparada à média nacional. Essa situação reflete a dinâmica da indústria de biodiesel no Brasil, onde mesmo com a introdução gradual do biodiesel na matriz energética do país, a capacidade ociosa de produção ainda é significativa.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerando o objetivo geral deste estudo, que consistia em analisar a viabilidade do biodiesel na região do MATOPIBA, levando em conta a dinâmica competitiva do setor em todo o Brasil, pode-se concluir que os resultados obtidos oferecem uma visão abrangente da realidade do biodiesel nessa região específica. O estudo abrangeu de forma minuciosa diversos aspectos, tais como capacidade de produção, estoque, competição entre empresas, presença de concorrentes estrangeiros e contexto regulatório, sobretudo na comparação entre indústrias locais e concorrentes internacionais.

Desse modo, a pesquisa não só explorou detalhadamente a viabilidade do biodiesel no MATOPIBA, considerando elementos internos como a competição entre empresas locais, mas também levou em consideração fatores externos como a presença de concorrentes internacionais e a trajetória do programa de biodiesel no panorama nacional.

Nesse contexto, a resposta que este estudo buscou quanto às condições de viabilidade para a produção de biodiesel na região MATOPIBA em relação ao cenário brasileiro reside na necessidade de uma diversificação das matérias-primas utilizadas, abrangendo elementos como algodão e sebo bovino, entre outras.

## REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. **Mapa Dinâmico: Produtores de Biodiesel**. Brasília-DF, 2022. Disponível <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiOTlkODYyODctMGJjNS00MGlyLWJmMWItNGJlNDg0ZTg5NjBlIiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTYtNGI0Mi1iN2VmLTEyNGFmY2FkYzIxMyJ9&pageName=ReportSection8aa0cee5b2b8a941e5e0%22>>. Acesso em 10 de março de 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ÓLEOS VEGETAIS (ABIOVE). **Produção de biodiesel por matéria-prima**. São Paulo-SP, 2018. Disponível <[http://www.abiove.org.br/site/\\_FILES/Portugues/20072018-172341-2018.07.17\\_-\\_materia\\_prima.xlsx](http://www.abiove.org.br/site/_FILES/Portugues/20072018-172341-2018.07.17_-_materia_prima.xlsx)>. Acesso em 28 de novembro de 2022.
- CAMPOS, A.; CARMELIO, E.C. **Biodiesel e agricultura familiar no Brasil: resultados socioeconômicos e expectativa futura**. Brasília, 2006.
- CANABARRO, *et. al.* Sustainability assessment of ethanol and biodiesel production in Argentina, Brazil, Colombia and Guatemala. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Volume 171, 2023, 113019, ISSN 1364-0321. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032122009005>>. Acesso em 28 de dezembro de 2022.
- CÉSAR, A. da S. **A competitividade da produção do biodiesel no Brasil: uma análise comparativa de mamona, dendê e soja**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), 2012, 246 f. Disponível em <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3397/4326.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 06 de julho de 2021.
- CÉSAR, A. da S. *et. al.* Competitiveness analysis of “social soybeans” in biodiesel production in Brazil. **Renewable Energy**, Volume 133, 2019, Pages 1147-1157, ISSN 0960-1481. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148118310589>>. Acesso em 28 de dezembro de 2022.
- DAL BELO LEITE, J.G.; *et. al.* Biodiesel policy for family farms in Brazil: one-size-fits-all?. **Environ. Sci. Pol.**, 27, 2013, pp. 195-205.
- DURÃES, F.O. M. Diversificação e fontes alternativas de matérias-primas: óleos e biodiesel. Retrieved Setembro/2012. **Biodiesel Congress** (2011). Disponível em <[www.biodieselcongress.com.br](http://www.biodieselcongress.com.br)>. Acesso em 28 de novembro de 2022.
- FEARNSIDE, P.M. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environ. Conservat.** Cambridge J., 28, 2000, p. 38.



FELICIANO, C. A.; ROCHA, C. E. R. Tocantins no contexto do MATOPIBA: Territorialização do agronegócio e intensificação dos conflitos territoriais. *Rev. NERA*, Presidente Prudente, v. 22, n. 47, pp. 230-247, Dossiê – 2019, ISSN: 1806-6755. Disponível em <<https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/download/6270/4804>>. Acesso em 27 de dezembro de 2022.

GOMES, M.; BIONDI, B.; GLASS, V. Os impactos da soja na safra 2009/10. São Paulo: Centro de Monitoramento de Agrocombustíveis – **ONG Repórter Brasil** (2010), p. 21. (In Portuguese).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estimativa de maio prevê safra recorde de 305,4 milhões de toneladas em 2023**. Ano 2023. Disponível em <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37135-estimativa-de-maio-preve-safra-recorde-de-305-4-milhoes-de-toneladas-em-2023>>. Acesso em 19 de junho de 2023.

LEÃO, R.R.D.C.C.; HAMACHER, S.; OLIVEIRA, F. Optimization of biodiesel supply chains based on small farmers: a case study in Brazil. *Bioresour. Technol.*, 102 (19) (2011), pp. 8958-8963.

LOPES, G. R.; LIMA, M. G. B.; DOS REIS, T. N.P. Maldevelopment revisited: Inclusiveness and social impacts of soy expansion over Brazil's Cerrado in Matopiba. *World Development*, Volume 139, 2021, 105316, ISSN 0305-750X. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305750X20304435>>. Acesso em 21 de janeiro de 2023.

MORES, S.; et. al. Citric acid bioproduction and downstream processing: Status, opportunities, and challenges, *Bioresource Technology*, Volume 320, Part B, 2021, 124426, ISSN 0960-8524. Disponível <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852420317004>>. Acesso em 27 de dezembro de 2022.

OLIVEIRA, F.C.; et. al. The Brazilian social fuel stamp program: few strikes, many bloopers and stumbles. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 102 (2019), pp. 121-128.

OLIVEIRA, G. Boosters, brokers, bureaucrats and businessmen: Assembling Chinese capital with Brazilian agribusiness. *Territory, Politics, Governance*, 7 (1) (2019), pp. 22-41, 10.1080/21622671.2017.1374205.

OLIVEIRA, G. The geopolitics of Brazilian soybeans. *Journal of Peasant Studies*, 43 (2) (2016), pp. 348-372, 10.1080/03066150.2014.992337.

PADULA, et. al. The emergence of the biodiesel industry in Brazil: Currents figures and future prospects. *Energy Policy* 44 (2012), 395-405.

PAULILLO, L.F.; BATALHA, M.O.; BUAINAIM, A.M. (Org.). Cadeia produtiva da agroenergia **IICA/MAPA**, Brasília (2007), p. 95.

RODRIGUES, A.C.C. Policy, regulation, development and future of biodiesel industry in Brazil, *Cleaner Engineering and Technology*, Volume 4, 2021, 100197, ISSN 2666-7908,

<https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100197>. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666790821001579>>. Acesso em 14 de janeiro de 2023.

STATTMAN, S.L.; HOSPES, O.; MOL, A.P.J. Governing biofuels in Brazil: a comparison of ethanol and biodiesel policies. **Energy Pol.**, 6 (2013), pp. 22-30.

STATTMAN, S.L.; MOL, A.P.J. Social sustainability of Brazilian biodiesel: the role of agricultural cooperatives. **Geoforum**, 54 (2014), pp. 282-294.

TORRES S.; *et al.*, 2017. Property rights and the soybean revolution: Shaping how China and Brazil are telecoupled. **Sustainability**, 9 (6) (2017), p. 954, 10.3390/su9060954.

TRASE. Trase Yearbook 2018, Sustainability in forest-risk supply chains: Spotlight on Brazilian soy. **Stockholm Environment Institute & Global Canopy**, Stockholm (2018).

VENNET *et al.*. B. Desein. Different farming styles behind the homogenous soy production in southern Brazil. **Journal of Peasant Studies**, 43 (2) (2016), pp. 396-418, 10.1080/03066150.2014.993319.

VILLELA, A.A. **O dendê como alternativa energética sustentável em áreas degradadas da Amazônia**. Dissertação (mestrado em ciência do planejamento estratégico). Instituto Alberto Luiz Coimbra de pós-graduação e pesquisa de engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro (2009), p. 160.

WESZ JR, V. Strategies and hybrid dynamics of soy transnational companies in the Southern Cone. **The Journal of Peasant Studies**, 43 (2) (2016), pp. 286-312, 10.1080/03066150.2015.1129496.

ZONIN, V.J.; *et. al.* **Multicriteria analysis of agricultural raw materials: a case study of BSBIOS and Petrobras Biofuels** in Brazil. **Energy Pol.**, 67 (2014), pp. 255-263.

## **7. A ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA COMPETITIVIDADE DO BIODIESEL NA REGIÃO DO MATOPIBA (Artigo 4)**

### **RESUMO**

Este estudo partiu da seguinte questão: o que pode ser pensado estrategicamente do ponto de vista organizacional para expandir o sistema de biodiesel na região do MATOPIBA? Portanto, o objetivo geral do estudo é identificar oportunidades de melhoria na estrutura organizacional do biodiesel MATOPIBA a fim de otimizar sua competitividade sistêmica. Com base nos resultados encontrados, foi possível identificar opções de matérias-primas pouco exploradas, como sebo bovino, algodão, que podem ser consideradas alternativas viáveis para a produção de biodiesel. O estudo considerou que a produção de biodiesel na região do MATOPIBA é fortemente dependente da soja, o que impacta negativamente a cadeia alimentar e a competitividade do setor. Além disso, o estudo considera que é necessário diversificar as matérias-primas para reduzir essa dependência e aumentar a sustentabilidade por meio da ampliação do uso do sebo bovino e mamona. Por fim, o estudo concluiu que a estrutura organizacional de competitividade do biodiesel é fundamental para tornar o processo produtivo mais eficiente e minimizar o impacto negativo na cadeia alimentar.

**Palavras-chave:** Biodiesel; Matéria-prima; Viable System Model; VSM; Brasil

### **ABSTRACT**

This study started from the following question: what can be thought strategically from an organizational point of view to expand the biodiesel system in the MATOPIBA region? Therefore, the general objective of the study is to identify opportunities for improvement in the organizational structure of MATOPIBA biodiesel in order to optimize its systemic competitiveness. Based on the results found, it was possible to identify unexplored raw material options, such as bovine tallow, cotton, which can be considered viable alternatives for the production of biodiesel. The study considered that biodiesel production in the MATOPIBA region is heavily dependent on soy, which impacts the food chain and the competitiveness of the sector. In addition, the study considers that it is necessary to diversify the raw materials to reduce this dependency and increase sustainability through the extension of the use of bovine tallow and castor bean. Finally, the study concluded that the organizational structure of biodiesel competitiveness is essential to make the production process more efficient and minimize the negative impact on the food chain.

**Keywords:** Biodiesel; Feedstock; Diversification; Public policy; Brazil

## 1 INTRODUÇÃO

A oferta mundial de biodiesel cresceu de 3,9 bilhões de litros em 2005 para 37 bilhões de litros em 2020 e deve ultrapassar 46 bilhões de litros em 2025, uma expansão de 24% em relação aos níveis de 2020 (BENTI *et al.*, 2023). O setor de biodiesel foi severamente impactado pela epidemia de Covid-19. Em 2020, uma queda de 9,8% em relação à produção recorde de 2019 (BENTI *et al.*, 2023). No entanto, há muito mais potencial para sua produção e uso (ATADASHI; AROUA, AZIZ, 2008; BALAT; BALAT, 2010; SHARMA; SINGH, 2009).

A produção de biodiesel é a fonte de energia renovável promissora para o desenvolvimento econômico do país, sustentabilidade e reforma social (BENTI *et al.*, 2023). No entanto, a produção de biodiesel envolve várias etapas, desde o cultivo das matérias-primas (como soja, girassol, canola, entre outras) até a produção e comercialização do biodiesel propriamente dito. Ao longo dessa cadeia produtiva, várias empresas podem estar envolvidas, desde produtores rurais até empresas de transporte e distribuição.

Diante desse contexto, a competitividade do biodiesel na região pode ser influenciada por vários fatores, como o preço das matérias-primas, o custo da produção, a disponibilidade de infraestrutura de transporte e armazenamento, a concorrência de outros combustíveis, as políticas de incentivo do governo, entre outros.

Isto posto, compreender a estrutura organizacional da competitividade do biodiesel na região pode ser importante para avaliar o potencial desse setor como uma fonte de energia alternativa e para identificar possíveis oportunidades de negócio e investimento. Além disso, pode ajudar a promover a sustentabilidade ambiental, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e reduzindo as emissões de gases de efeito estufa.

O estudo da estrutura organizacional da competitividade do biodiesel na região é de grande relevância porque, segundo Benti *et al.*, (2023), o biodiesel é muito atraente por vários motivos. Primeiro porque é altamente biodegradável e de baixa toxicidade, podendo substituir combustíveis fósseis em inúmeras aplicações, incluindo transporte e motores de combustão interna. Segundo, porque afirma-se que o desempenho diminuiu pouco e não emite essencialmente sulfatos, compostos aromáticos ou outros componentes químicos prejudiciais ao meio ambiente.

Pode-se dizer que, ao estudar a estrutura organizacional da competitividade do biodiesel na região, é possível entender como o setor está organizado e como as empresas se relacionam entre si, o que pode ajudar a identificar possíveis gargalos ou oportunidades de melhoria na cadeia produtiva, bem como entender as estratégias adotadas pelas empresas para

competir no mercado em que, conseqüentemente, pode ajudar a identificar possíveis medidas governamentais que podem ser adotadas para incentivar o setor, como políticas de subsídios ou de regulação ambiental. Além disso, o estudo pode ajudar as empresas a identificar oportunidades de parcerias e de otimização da cadeia produtiva.

Portanto, acredita-se que o estudo sobre a estrutura organizacional da competitividade do biodiesel na região pode ajudar a contribuir com o setor, aumentando a produção de biodiesel e gerando mais empregos e renda na região. Além disso, pode ajudar as empresas a se tornarem mais competitivas, aumentando sua participação no mercado e melhorando sua rentabilidade tendo em vista que, o biodiesel tem um grande potencial como parte de uma mistura de energia sustentável (YADAV *et. al.*, 2016); (KHAN *et. al.*, 2019); (YADAV *et. al.*, 2021); (KHAN, *et. al.*, 2022); (YADAV *et. al.*, 2015).

Por fim, o estudo pode também, promover a sustentabilidade ambiental, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e reduzindo as emissões de gases de efeito estufa, haja vista que o biodiesel emite menos enxofre, CO<sub>2</sub>, CO, PM, fumaça e HCs do que o óleo diesel e gera mais oxigênio (BENTI *et. al.*, 2023). O aumento do oxigênio livre resulta em combustão total e emissões mais baixas (FAZAL; HASEEB; MASJUKI, 2011).

Diante dos estudos realizados anteriormente pergunta-se: quais são as principais áreas da estrutura organizacional de competitividade do biodiesel do MATOPIBA que podem ser melhoradas para maximizar a eficiência e eficácia de seus processos? Para responder a questão, tem-se o objetivo geral do estudo: identificar oportunidades de melhoria na estrutura organizacional da competitividade do biodiesel MATOPIBA a fim de otimizar o processo produtivo do setor.

## **2. METODOLOGIA**

### **2.1 Teoria dos Sistemas Complexos baseado no Viable System Model (VSM)**

Do ponto de vista da produção de matéria-prima e produção de biodiesel no MATOPIBA, no que diz respeito à dinâmica do produto e do setor, há uma complexidade na forma de entender o próprio processo competitivo da região, nesse caso, a teoria da complexidade aparece para ajudar a compreender os mecanismos que regem a complexidade que vem sendo aplicada em diversas áreas, por exemplo: biologia, aviação, gestão, computação, matemática, física e meio ambiente. (LUKOSEVICIUS; MARCHISOTTI; SOARES, 2016).

O Viable System Model (VSM) foi desenvolvido por Beer (1979, 1981, 1984, 1985) para explicar como as organizações podem se adaptar continuamente a ambientes em mudança, aproveitando os princípios de complexidade e gerenciamento de variedade. Segundo Bennett e Lemoine (2014), embora o VSM tenha sido proposto pela primeira vez há muito tempo, ele está atraindo um número crescente de pesquisadores e profissionais, pois as condições operacionais enfrentadas por muitas organizações no século 21 são mais claramente caracterizadas pelo aumento da volatilidade, incerteza, complexidade e ambiguidade. Segundo Ashby (1958), o VSM baseia-se nas leis de Ashby sobre variedade necessária e auto-organização e o modelo de redes neurais de McCulloch (1965) em busca de apoiar o diagnóstico e projeto (e redesenho) de organizações não apenas para sobreviver, mas para prosperar em tais ambientes em mudança.

Para Lowe, Espinosa e Yearworth, (2020), o VSM especifica as condições necessárias e suficientes para que qualquer organização se mantenha viável em qualquer ambiente. O VSM revela que essa viabilidade depende de manter uma relação equilibrada com o meio em que atua e de onde obtém seus recursos, e que tal equilíbrio resulta da existência e interação entre cinco tipologias chave de funções organizacionais (Sistemas 1 a 5) com os seus stakeholders externos e internos nos diferentes níveis da organização (LOWE; ESPINOSA; YEARWORTH, 2020). Para o autor, o VSM oferece critérios básicos para gerenciar a complexidade e 'Leis, Axiomas e Princípios da Organização' para orientar a análise organizacional, de modo que pode ser aplicado a redes organizacionais de qualquer escala e complexidade (LOWE; ESPINOSA; YEARWORTH, 2020).

Para Lowe, Espinosa e Yearworth, (2020), o VSM tem sido amplamente utilizado em domínios tão diversos como gerenciamento de estratégia, gerenciamento de operações e suprimentos, gerenciamento de informações, ciência de serviços, governança, sustentabilidade, gerenciamento de conhecimento, gerenciamento de desempenho, aprendizado, educação e inovação e desenvolvimento comunitário. Segundo Franco e Montibeller (2010), o uso de VSM nesses domínios tem sido tanto no sentido funcionalista, em que os profissionais agem no modo especialista, quanto no sentido interpretativo, no qual os profissionais agem no modo facilitador em que, no modo funcionalista, os praticantes comparam a 'realidade' da situação-problema com a teoria VSM e recomendam ações de acordo. Para Flood e Jackson (1991) e Schwaninger (1990), existem métodos específicos para usar o VSM neste modo, como o Diagnóstico de Sistemas Viáveis e o Controle de Gerenciamento Sistêmico, que serão abordados a seguir.

O VSM, desenvolvido por Stafford Beer, enquadra-se como um método de estruturação de problemas – PSM, propondo-se a explicar como os sistemas são viáveis, ou seja, capazes de existência independente, autônoma, em qualquer tipo de ambiente, uma vez que a capacidade de adaptação aos ambientes em transformação é uma das características mais marcantes dos sistemas viáveis. Beer queria elucidar as leis da viabilidade, a fim de facilitar a tarefa de gerenciamento. O autor inicia o desenvolvimento no início dos anos cinquenta, por meio de pesquisa operacional na indústria siderúrgica, os trabalhos utilizaram como referência as ideias de Norbert Wiener e William Ross Ashby para uma abordagem da gestão organizacional com base na teoria dos sistemas. (BEER, 1984; ESPEJO; GIL, 1997).

O VSM refere-se a um sistema ou entidade complexa capaz de manter uma existência independente, o que não quer dizer uma existência totalmente separada de um ambiente. As leis de viabilidade em organismos complexos não estão prioritariamente preocupadas com a energia que os impulsiona, mas com a estrutura dinâmica que determina a conectividade adaptativa entre as partes. (BEER, 1985).

A Lei da Variedade de Ross Ashby diz que apenas a variedade pode absorver a variedade. A variedade é uma medida de complexidade, porque conta o número de estados possíveis de um sistema. Os estados possíveis de um sistema complexo não são contáveis com precisão, mas são suscetíveis a afirmações comparativas, portanto, pode-se afirmar que a variedade do ambiente excede em muito a variedade do sistema produtivo que, por sua vez, excede a gama de gestão que o regula ou controla. O intervalo alto é necessariamente reduzido ou atenuado para o número de estados possíveis que a entidade receptora pode realmente controlar por meio de um atenuador. A faixa baixa é necessariamente aumentada, ou ampliada, pelo possível número de estados que a entidade receptora precisa para se manter regulada, por meio de um amplificador. Dessa forma, busca-se estabilidade por meio da variedade necessária. A estabilidade do ambiente interno de um sistema, apesar do sistema estar inserido em um ambiente externo imprevisível, é entendida como Homeostase (BEER, 1985).

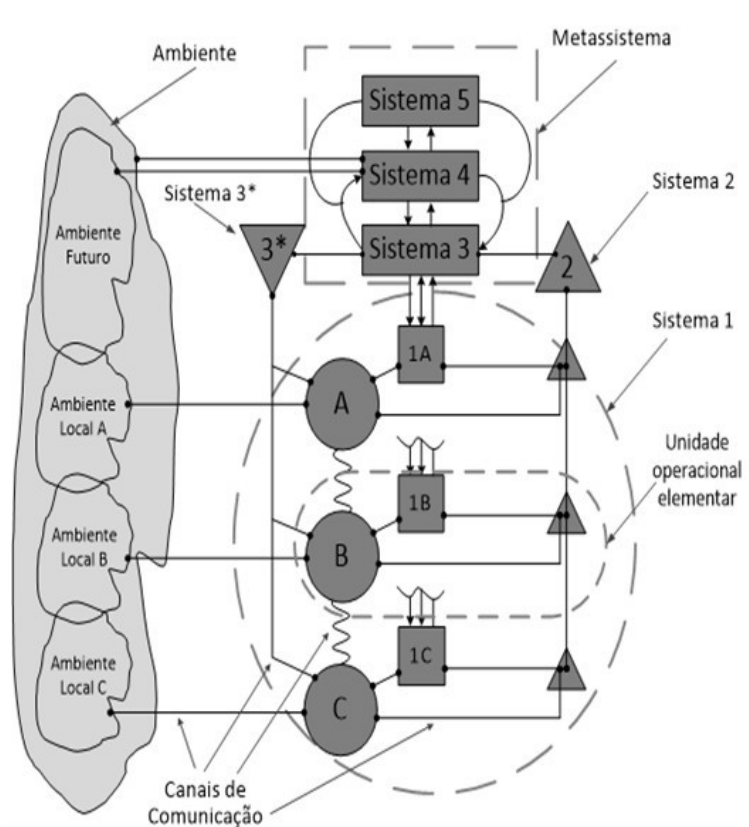
A ideia de complexidade é fundamental para o pensamento cibernético, pois estamos cercados por uma complexidade muito maior do que podemos lidar com uma resposta individual. Um segundo conceito-chave intimamente relacionado à complexidade é o da recursão. Esse conceito é baseado na premissa de que todos os sistemas vivos são compostos por uma série de subsistemas, cada um com características de auto-organização e autorregulação. Eles contêm em si a capacidade de se adaptar às mudanças em seu ambiente e de lidar com a complexidade (ESPEJO; GILL, 1997).

## 2.2 Procedimentos empíricos para aplicação do Viable System Model (VSM)

Ao usar o modelo de sistema viável, é importante primeiro determinar com precisão qual organização deve ser modelada e especificar seus limites. Em seguida, precisa-se especificar suas partes viáveis e o sistema viável maior do qual ele próprio é uma parte viável.

Nesse contexto, a existência em uma organização de um conjunto de sistemas ou funções chamadas por Beer (1985) de Sistema 1, Sistema 2, Sistema 3, Sistema 3 \*, Sistema 4 e Sistema 5, bem como um conjunto de relações entre estes sistemas funcionais e sistemas ambientais como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Viable System Model (VSM)



Fonte: Rizzoli e Schlindwein (2013)

Segundo Rizzoli (2013), o sistema 1 pode ter várias unidades operacionais elementares e cada uma pode ser um sistema viável, considerando muita autonomia, e é formado pelos elementos básicos de operação, gestão local e central reguladora local. A unidade operacional elementar realiza suas atividades de acordo com o propósito da organização, entregando produtos ou serviços aos seus clientes. A gestão local é responsável por gerir o funcionamento da unidade operacional e por se relacionar com o Sistema 3.



Para o autor, a coordenação local, além de ser a referência para a unidade operacional elementar quanto às regras e normas para a condução das operações, busca relacionar-se com o Sistema 2, no qual, neste caso, cita como exemplo, uma planta fabril de uma indústria é o seu Sistema 1. Uma indústria que possui várias fábricas, cada uma dessas fábricas são unidades operacionais elementares que formam o Sistema 1.

O Sistema 1 também é chamado de Implementação, por essa razão, está no nível mais baixo de recursão do sistema e consiste no conjunto de unidades que executam atividades primárias ou subsidiárias, responsáveis pela produção de produtos e/ou serviços, implícitas na identidade da organização. Em outras palavras, é formado pelas divisões funcionais diretamente ligadas à operacionalização e à produção do sistema como um todo (MACHADO; NETO; MONTEIRO; GIRALDI, 2010).

O Sistema 1 (S1) tem a função operacional e inclui atividades operacionais que trabalham juntas de forma integrada e harmoniosa para otimizar o desempenho geral de uma organização (PEPPARD, 2005). Este sistema engloba a gestão das operações do dia-a-dia. Ao cumprir o propósito geral do sistema, o S1 é orientado para a ação, ao contrário dos demais, que são responsáveis pelas funções de controle e gerenciamento (LECHLER, *et. al.*, 2022). As pessoas que trabalham dentro de um sistema viável interagem com atores no ambiente externo para cumprir o propósito organizacional (BROCKLESBY, 2012; CHAUDHRY, 2022; SCHWANINGER; SCHEEF, 2016). Isso inclui criar os produtos necessários para gerenciar a variedade no ambiente da organização (LOWE *et al.*, 2020). Interagir com o ambiente, jogar atividades e melhorar a autorregulação ajudam a organização a manter-se viável e sobreviver em um ambiente de constante mudança e complexidade crescente, enquanto cumprir o propósito com atividades permite que as organizações deem sentido aos eventos que as afetam (LECHLER *et. al.*, 2022).

O Sistema 2 (Coordenação), também chamado de "antioscilante", é um conjunto de regras e comportamentos usados para controlar as operações, direcionando-as para os objetivos pretendidos. Este sistema deve permitir que os vários subsistemas 1 resolvam seus próprios problemas de maneira autônoma e descentralizada, estabelecendo a coordenação necessária para assegurar uma ação harmônica entre eles, evitando a oscilação descontrolada entre as divisões funcionais (MACHADO NETO; MONTEIRO; GIRALDI, 2010).

O Sistema 2 (S2) tem a função de coordenação na qual garante que os elementos operacionais trabalhem juntos de forma harmoniosa (BROCKLESBY, 2012). Isso envolve garantir a estabilização dos sistemas operacionais por meio da coordenação de sistemas de informação, planos e cronogramas operacionais, padrões e comunicação (CHAUDHRY,

2022; SCHWANINGER; SCHEEF, 2016). O S2 harmoniza as atividades ao fornecer valores e padrões comuns para informação, comunicação e processos (LOWE *et al.*, 2020). O rastreamento da informação e do conhecimento visa amortecer as oscilações entre as diferentes unidades do sistema (LEONARD, 1999). S2 permite a variedade necessária em coordenação com seu ambiente para atingir os estados atuais e potenciais do sistema (BROCKLESBY, 1996). Nesse sentido, quanto mais coordenação e harmonização ocorrerem em uma organização, mais autorregulação é possível (ESPEJO, 2003). A harmonização das atividades ajuda a organização a adaptar-se às condições sistêmicas reais e potenciais, ao mesmo tempo em que melhora a autorregulação. Isso permite que a organização perceba e sobreviva às mudanças em seu ambiente (LECHLER *et al.*, 2022).

Sistema 3 (Controle) é o sistema que tem a responsabilidade de gerenciar o ambiente interno da organização e é, portanto, chamado de "Inside & Now". É o canal de pedidos e informações relacionadas às operações atuais. O sistema 3 recebe as informações filtradas pelo Sistema 2; é responsável pelo gerenciamento das informações do Sistema 3 \* (Auditoria) e, sendo o único com entrada no Sistema 4, atua como um regulador da homeostase da administração autônoma.

O Sistema 3 (S3) é responsável por realizar o gerenciamento e administração do dia a dia de recursos, funcionários e finanças (BROCKLESBY, 2012; PEPPARD, 2005). A alocação de recursos é possibilitada por meio da revisão e uso de informações coletadas por meio de atividades sociais e comunicação informal (SCHWANINGER; SCHEEF, 2016). O S3 tem uma função de auditoria para a coleta *ad hoc* de informações de elementos operacionais para garantir o alcance de metas (CHAUDHRY, 2022). Isso também envolve monitorar as variáveis essenciais para evitar variedade excessiva (LEONARD, 2009) e apoiar a autorregulação das unidades operacionais (LOWE *et al.*, 2020). Gerenciar os elementos operacionais e alocar recursos aproveitando informações e sinergias para autorregular ajuda as organizações a entender e responder rapidamente às mudanças em seus ambientes (LECHLER *et al.*, 2022).

Dias (1998, p. 66) aponta que, no Sistema 4 (Inteligência), são estabelecidas as diretrizes para as atividades, as unidades responsáveis por atividade e os prazos para conclusão. Assim, determina quais atividades são prioritárias e suficientes para assegurar a adaptação para o futuro. O Sistema Quatro (S4) trata de planejar e focar no futuro examinando o ambiente. Isso envolve a avaliação de oportunidades estratégicas, ameaças e direções futuras como forma de responder às mudanças em um ambiente dinâmico e mutável (BITITCI *et al.*, 1999; BROCKLESBY, 2012; PEPPARD, 2005).

Por isso, o ambiente é examinado analisando as preferências do cliente, avaliando os avanços tecnológicos e identificando os requisitos. Isso melhora a compreensão das mudanças nos ambientes natural, social, econômico, tecnológico e político (Leonard, 2009). Simulando as adaptações necessárias e integrando pessoas, infraestrutura e inovações, planos para o futuro podem ser desenvolvidos (LEONARD, 1999). O S4 aborda o sistema como um todo e considera sua finalidade (BROCKLESBY, 1996; LOWE *et. al.*, 2020). Analisar o ambiente para identificar problemas e oportunidades, bem como planejar a prontidão futura, ajuda as organizações a gerenciar o futuro e entender as mudanças ambientais (LECHLER *et. al.*, 2022).

Segundo Dias (1998, p. 76), "o Sistema 5 (política) representa o sistema como um todo e é o principal responsável pela homeostase do Sistema 3-4, ou seja, deve resolver qualquer conflito entre os dois sistemas e sua intervenção corresponde à "última autoridade". O Sistema 5 (S5) fornece um elo para os outros sistemas na determinação da razão de ser da organização (BROCKLESBY, 2012). Monitora o equilíbrio entre ações de longo prazo (S4) e ações de curto prazo (S3), ou seja, o equilíbrio entre orientação presente e futura (PEPPARD, 2005; SCHWANINGER; SCHEEF, 2016). Esse equilíbrio serve para criar significado por meio de estratégias e gerenciar a coerência das estratégias estabelecidas (ESPEJO, 2003). O equilíbrio entre as demandas do dia a dia e o futuro é supervisionado por funções normativas de gestão e define a identidade do sistema (LEONARD, 2009). Aqui, elos, valores e coesão são comunicados, resultando na criação de uma identidade corporativa (CHAUDHRY, 2022; LOWE *et. al.*, 2020). O equilíbrio entre explorar e explorar a informação serve como um fator chave para a sobrevivência de uma organização. A transmissão de identidade e valores traz um significativo equilíbrio entre as exigências presentes e futuras (LECHLER *et. al.*, 2022).

Com o objetivo de analisar estrategicamente as possibilidades de tornar o biodiesel MATOPIBA mais viável no cenário nacional e internacional, considerando os desafios e as perspectivas do setor, o Modelo de Sistema Viável (Viable System Model - VSM) foi aplicado em três etapas. Na primeira etapa, o biodiesel regional foi reconhecido como entidade. Em seguida, foi realizado o desdobramento vertical da complexidade dos níveis de recursão. Por fim, realizou-se o desdobramento horizontal da complexidade, com foco no sistema de produção de biodiesel do MATOPIBA.

- Conforme a aplicação do VSM, o **reconhecimento do biodiesel regional como uma organização**: começou com a identificação dos diferentes componentes da organização, como produção de matéria-prima e a produção de biodiesel a partir de cada matéria-prima disponível, como partes integrantes do sistema VSM. Para entender melhor os

papéis, atividades e interações entre esses componentes, foram realizadas entrevistas com as partes interessadas em cada nível, incluindo representantes de organizações e instituições políticas, econômicas e sociais, para coletar informações sobre as operações, processos, recursos e desafios enfrentados pela organização.

Para a seleção dos entrevistados, foram considerados os representantes indicados pelos órgãos e instituições que têm vínculo direto com o Comitê Nacional de Política de Biocombustíveis (RenovaBio). Considerando que o Coordenador do Comitê RenovaBio pode convidar representantes de outros órgãos e entidades da administração pública, instituições privadas do mercado de biocombustíveis e técnicos e especialistas do setor para participar de suas reuniões, sem direito a voto, também foram selecionados para entrevistas, representantes públicos e privados ligados ao setor de biodiesel do MATOPIBA.

Considerando que, no estudo do desenho e diagnóstico das organizações viáveis de Ríos (2008) no VSM, não especifica um número mínimo de entrevistados necessários para aplicar o modelo. De acordo com o Decreto nº 9.888/2019, que cria o Comitê de Política Nacional de Biocombustíveis (Comitê RenovaBio), os membros são compostos por 07 representantes, porém, dada a possibilidade de coordenação do comitê para convidar representantes de outros segmentos públicos e privados, este estudo buscou realizar entrevistas com 08 representantes de empresas ligadas ao setor de biodiesel da região, pois observou-se que alguns estudos relacionados a setores, produtividade e competitividade têm sido realizados com menos de 08 (oito) entrevistados, como é o caso Mayangsari, Novani e Hermawan (2014) e Sgroi; Modica (2022).

O estudo realizado por Mayangsari, Novani e Hermawan (2014) em Surakarta, Indonésia, utilizou entrevistas semiestruturadas qualitativas com apenas três representantes do setor público para analisar o cluster industrial Batik Solo. Os autores identificaram que o cluster enfrenta desafios de coordenação, inovação e produtividade, e que o modelo de sistema viável (VSM) poderia ajudar a melhorar sua viabilidade e competitividade. O VSM permitiu que os pesquisadores identificassem áreas que precisavam de melhorias e implementassem mudanças em todos os níveis do sistema, desde a divisão de operações até o gerenciamento de políticas.

Já o estudo, na Itália, realizado por Sgroi e Modica (2022), utilizou entrevistas semiestruturadas qualitativas com cinco empresários ou familiares para diagnosticar áreas com dificuldades econômicas específicas que vinham sendo caracterizadas por fenômenos de êxodo e abandono nos últimos anos, razão pelas quais, pesquisadores buscaram identificar

modelos de negócios que favoreçam a permanência das atividades agropecuárias nesses ambientes.

Portanto, embora outros estudos semelhantes tenham utilizado um número menor de entrevistados e obtido resultados significativos, é importante considerar que 08 (oito) participantes foram selecionados para a entrevista, sendo eles, agentes envolvidos na formação da Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio) e o representante do setor localizado no MATOPIBA, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Descrição dos atores políticos, econômicos e sociais das organizações e instituições entrevistadas

| Organizações e Instituições | Representantes das Organizações e Instituições do território do Estado do Tocantins   |
|-----------------------------|---|
| Políticas                   | Secretaria de Políticas Agrárias do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)                                      |
|                             | Secretaria da Agricultura, Pecuária e Aquicultura (SEAGRO)  |
|                             | Superintendência de Biocombustíveis e de Qualidade de Produtos da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP) |
|                             | Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa Agroenergia)   |
| Econômicas                  | Representante da Fabricação de Biodiesel em Porto Nacional - TO   |
|                             | Especialistas em Implantação de Usinas de Biodiesel   |
| Sociais                     | Associação dos Produtores de Biocombustíveis do Brasil  |
|                             | União Brasileira do Biodiesel e Bioquerosene (Ubrabio)  |

Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Sobre o roteiro e realização das entrevistas: inicialmente foi questionado sobre a razão de ser para o setor de biodiesel e qual é o seu papel na sociedade. Além disso, foi questionado sobre qual é a visão de futuro para o setor e quais são os valores que o setor deve seguir para causar um impacto positivo na vida de seus clientes e para construir um cenário competitivo nessa área.

As respostas foram anotadas durante as entrevistas a fim de direcionar o processo de conclusão do estudo sem entrar no mérito do discurso do sujeito. Dada a complexidade da pesquisa de campo, foi realizado um encontro inicial, no dia 13 de abril de 2022, que durou aproximadamente 50 minutos, para avaliar o roteiro de entrevista com um professor-pesquisador da Universidade Federal do Tocantins (UFT), a fim de investigar possíveis falhas no instrumento, resultando em esclarecimentos e apontando novos rumos para outras informações.

Para tanto, foram efetivamente realizadas 08 entrevistas, agendadas com no mínimo 6 a 8 dias de antecedência. Cada entrevista teve duração de 1h a 1h30, e foram realizadas entre os meses de abril e maio de 2022.

Com base no entendimento obtido nas entrevistas e na análise dos componentes do sistema, foram definidos a missão, a visão e os valores do biodiesel regional como organização. A missão representa o propósito e a razão de ser da organização, a visão representa o futuro desejado e os valores representam os princípios e crenças que norteiam as ações da organização.

Além disso, foram identificados elementos que compõem o ambiente em que está inserido o biodiesel MATOPIBA para que, por fim, fosse avaliado como as funções e atividades de um nível de recursão afetam ou dependem das atividades de outro nível, com foco na disponibilidade de matéria-prima que afeta a capacidade de produção da usina de biodiesel e, por sua vez, pode afetar a disponibilidade do produto final.

- **Desdobramento vertical de recursão:** nesta etapa, com base na competitividade do biodiesel do MATOPIBA, foi possível identificar quatro níveis hierárquicos de análise: a) Nível 0: competitividade do biodiesel MATOPIBA; b) Nível 1: disponibilidade de matérias-primas; c) Nível 2: componentes envolvidos na produção de biodiesel a partir da soja; d) Nível 3: produção de biodiesel no MATOPIBA.

Em suma, no nível 0, pode-se analisar os fatores que afetam a competitividade do biodiesel do MATOPIBA em relação a outras fontes renováveis de energia e combustíveis fósseis a partir das políticas governamentais existentes.

No nível 1 e nível 2, pode-se considerar a disponibilidade de matérias-primas, como soja, sebo bovino entre outros, e os componentes envolvidos na produção de biodiesel a partir da soja. Nesse nível, foram divididos os componentes em subníveis hierárquicos para analisar cada um em detalhes, incluindo sementes de soja, fertilizantes, culturas temporárias e permanentes, soja, armazenamento de soja, esmagamento de soja, farelo de soja e extração mecânica e/ou solvente de óleo de soja bruto.

No nível 3, a produção de biodiesel do MATOPIBA pode ser analisada a partir das matérias-primas e componentes identificados nos níveis anteriores. Nesse nível, pode-se considerar as etapas envolvidas na produção de biodiesel, incluindo lavoura, extração de óleo, refino de petróleo e transesterificação de petróleo. E, por fim, diante das informações levantadas foram identificados alguns pontos críticos de desdobramento horizontal de recursão na produção de biodiesel.

- **Desdobramento Horizontal de recursão na produção de biodiesel no VSM:** consistiu em analisar os diferentes sistemas e níveis de recursão envolvidos na produção de biodiesel. Devido à complexidade desse processo, essa análise foi dividida em sistemas 5, 4, 3, 2 e 1, sendo: a) Sistema 5: Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e seus membros; b) Sistema 4: Governo Federal, órgãos e agências reguladoras; c) Sistema 3: Empresas extratoras de óleo bruto; b) Sistema 2: Indústria produtora de biodiesel e sua cadeia produtiva; e) Sistema 1: Processos de produção de biodiesel, incluindo: I) preparação de matérias-primas (soja, canola, gordura animal, etc.); II) extração de petróleo a partir de matérias-primas; III) transesterificação de óleo para produção de biodiesel; IV) Purificação e refino de biodiesel; V) armazenamento e distribuição do biodiesel produzido.

Cada nível de recursão representa um subconjunto dos componentes do sistema anterior, com maior especificidade em relação às atividades e processos envolvidos. No nível mais alto (Sistema 5) tem-se o CNPE e seus membros, que definem políticas e diretrizes para o setor de energia, incluindo o biodiesel. No nível mais baixo (Sistema 1), tem-se os processos específicos de produção de biodiesel, desde a preparação da matéria-prima até a distribuição do produto final.

Por fim, com base na análise dos passos anteriores, a missão, visão e valores da organização foram revisados ou definidos, levando em consideração a dependência da matéria-prima e a oportunidade de diversificação de insumos para reduzir a dependência de uma única fonte de matéria-prima.

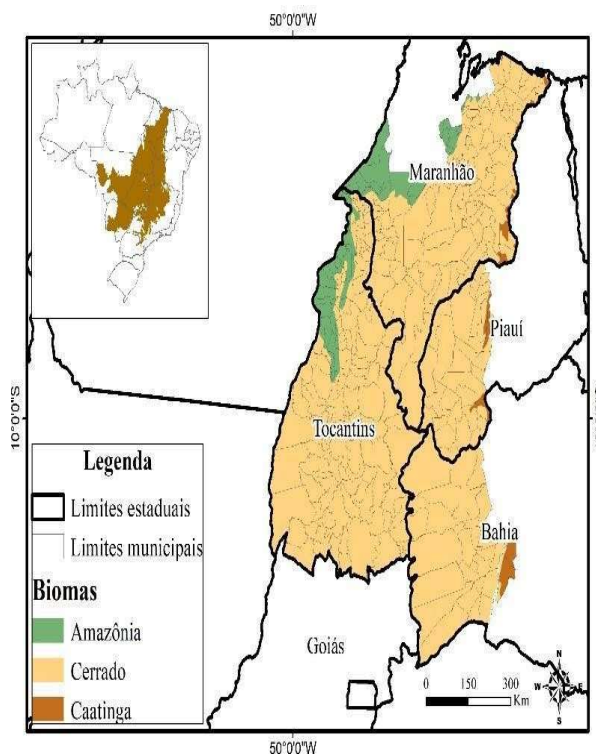
### **2.3 Sobre o Software VSMod®**

Para aplicação da metodologia do *Viable System Model* (VSM), foi necessário utilizar o software *VSMod*®. Para Beer (2008), as mudanças transformaram muito a maneira como as empresas operam e competem. Eles geraram novas oportunidades de negócios e também levaram a melhorias na produtividade (BEER, 2008). Com isso, desenvolveu-se o software *VSMod*® para que fosse permitido a aplicação do Modelo de Sistemas Viáveis ao diagnóstico e desenho de organizações, bem como organizar diferentes fases do processo de decisão denominado *Team Integration*. Este software foi desenvolvido para facilitar o estudo de problemas complexos por meio do Modelo de Sistemas Viáveis (BEER, 2008).

## 2.4 Coleta de Dados

A Figura 2 mostra área de estudo selecionada. Para tanto, levou-se em consideração o Decreto nº 8.447/2015, que dispõe sobre o Plano de Desenvolvimento Agrário do MATOPIBA.

Figura 2 - Localização do MATOPIBA



Fonte: Embrapa (2015) e IBGE (2016a).

De forma contextualizada, nesta região existe uma diversidade de matérias-primas (óleos e gorduras animais) que podem ser aproveitadas para a produção de biodiesel que, até então, não foram bem aproveitadas, pois ainda há dependência do plantio da soja para avanço na produção de biodiesel no local, já que mais de 80% do biodiesel produzido no local é predominantemente de soja.

Para tanto, a coleta de dados para aplicação do (VSM) na análise da competitividade do biodiesel do MATOPIBA foi realizada em dois momentos: Levantamento de dados secundários e entrevistas semiestruturadas. O levantamento de dados secundários consistiu na busca de informações em sites oficiais do governo, que estão disponíveis relatórios, boletins e publicações acadêmicas sobre a produção de biodiesel na região, tais como: capacidade instalada, matéria-prima, comercialização, estoques, programas governamentais e outros.



Foram realizadas entrevistas semiestruturadas com representantes de organizações e instituições políticas, econômicas e sociais, conforme mencionado anteriormente.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Reconhecimento do biodiesel regional como uma organização

Inicialmente foi necessário levantar dados sobre a matéria-prima disponível no local por meio de dados de produção e balanço de oferta e demanda de grãos da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), Sistema de Recuperação Automática (SIDRA) que realiza o Levantamento Trimestral de Abate Animal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), bem como no painel dinâmico de produtores de biodiesel da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP).

Na Tabela 1, visualiza-se o cenário do momento em relação à diversidade de matérias-primas produzidas e destinadas à produção de biodiesel, o que consequentemente implica na viabilidade do biodiesel competitivo do MATOPIBA.

Tabela 1 - Comparativo entre a produção de matéria-prima e produção de biodiesel na Região MATOPIBA entre 2019 e 2021

| <b>Tipo</b>               | <b>Produção De Matéria-Prima</b> | <b>Produção De Biodiesel Por Matéria-Prima (Em Metros Cúbicos)</b> |
|---------------------------|----------------------------------|--|
| <b>TOCANTINS</b>          | <b>2019-2021</b>                 | <b>2019-2021</b>   |
| Algodão em caroço         | 52,0                             | 3532   |
| Amendoim                  | 1,5                              | 0  |
| Milho                     | 2595,4                           | 0  |
| Soja                      | 7.107,1                          | 336365   |
| Abate bovino (por cabeça) | 183.285                          | 5823   |
| <b>PIAUI</b>              | <b>2019-2021</b>                 | <b>2019-2021</b>   |
| Algodão                   | 115,0                            | 1791   |
| Milho                     | 4.291,2                          | 0  |
| Soja                      | 5.282,6                          | 79171  |
| Abate bovino (por cabeça) | 0                                | 93   |
| <b>MARANHÃO</b>           | <b>2019-2021</b>                 | <b>2019-2021</b>   |
| Algodão                   | 227,7                            | 0  |
| Milho                     | 4.544,4                          | 0  |
| Soja                      | 6415,9                           | 0  |

|                              |                  |                  |
|------------------------------|------------------|------------------|
| Abate bovino<br>(por cabeça) | 67645            | 0                |
| <b>BAHIA</b>                 | <b>2019-2021</b> | <b>2019-2021</b> |
| Algodão                      | 2758,2           | 68102            |
| Amendoim                     | 2,8              | 0                |
| Mamona                       | 66,7             | 0                |
| Milho                        | 4887,3           | 0                |
| Soja                         | 12960            | 500936           |
| Abate bovino<br>(por cabeça) | 2327124          | 255240           |

Fonte: Conab (2022); IBGE, (2022) e ANP, (2022). Adaptado pelo autor.

Após analisar a Tabela 1 que apresenta os estados do MATOPIBA e suas matérias-primas produzidas, é possível perceber que a produção de biodiesel na região entre 2019 e 2021 foi baseada principalmente em algodão, soja e sebo bovino. Embora haja potencial de gordura bovina e algodão na região, a soja é a principal fonte de matéria-prima para a produção de biodiesel na região.

Embora a Bahia seja um dos principais estados produtores de mamona no Brasil, não houve registro de produção de biodiesel a partir dessa cultura na região. Por outro lado, o Maranhão é um grande produtor de algodão, mas ainda não houve uma produção de biodiesel a partir dessa cultura no MATOPIBA no período analisado.

Diante dos levantamentos realizados no site da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis, define-se que o biodiesel no MATOPIBA é um tipo de biocombustível, no qual mais de 80% da matéria-prima utilizada em sua produção, é o óleo de soja que compete diretamente com a produção de óleos comestíveis nacional e internacional.

De acordo com Benti et. al (2023), os óleos comestíveis (girassol, soja, níger, soja, palma, linhaça e óleo de gergelim) respondem por aproximadamente 95% da produção de biodiesel, resultando em sério desequilíbrio na cadeia alimentar humana e combustível. O biodiesel será comercialmente inviável em comparação com os combustíveis derivados do petróleo. Segundo o autor, para evitar esses cenários, é necessário o uso de oleaginosas não comestíveis na fabricação comercial do biodiesel. Numerosos pesquisadores têm investigado opções para o uso de óleos não comestíveis de baixo custo como matéria-prima para biodiesel (YADAV, 2016).

Ainda diante do levantamento, a análise também revela que a produção de biodiesel na região começou a empregar outras fontes de matérias-primas que não estão relacionadas ao setor alimentício, como óleo de fritura usado, sebo bovino e outros materiais gordurosos.

Essas alternativas podem representar uma opção viável para usar produtos não comestíveis na região em questão.

Conforme Benti et. al. (2023), a produção de biodiesel a partir de óleos não comestíveis e vegetais é bastante simples e oferece diversas vantagens ambientais em comparação com o diesel derivado do petróleo, o uso de biodiesel em motores a diesel para operações diárias é vantajoso devido à sua compatibilidade com o meio ambiente. Diante dessa constatação, foram realizadas entrevistas para mapear o reconhecimento da identidade e propósito do biodiesel do MATOPIBA como organização para definir a missão, visão e valores do setor para sociedade como um todo, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Missão, Visão e Valores do Biodiesel enquanto organização

|         |  |
|---------|--|
| Missão  | Produzir biocombustível competitivo e de qualidade a partir de diferentes fontes de óleo. Promover a inclusão social. Reduzir a dependência de combustíveis fósseis. Mitigar as mudanças climáticas. Contribuir para a melhoria da qualidade do ar e para a saúde pública.   |
| Visão   | Consolidar no mercado de combustíveis. Elevar sua participação para 15% em volume nos próximos anos. Alcançar a mistura de B20 em breve. Promover externalidades positivas como geração de emprego, renda e benefícios ambientais para toda a sociedade. Oferecer biocombustível a preços competitivos para ampliar ainda mais sua participação no mercado de combustíveis. contribuir para a redução da dependência de combustíveis fósseis e mitigação das mudanças climáticas.  |
| Valores | Promover o desenvolvimento econômico de comunidades rurais e a promoção de emprego e renda através da agricultura familiar. Adotar práticas sustentáveis em toda a cadeia produtiva, reduzindo as emissões de gases de efeito estufa e promovendo a preservação do meio ambiente. Promover a inovação e a modernização dos processos produtivos, contribuindo para a competitividade do setor. Consolidar como uma alternativa competitiva aos combustíveis fósseis, especialmente quando consideramos os benefícios socioambientais que ele oferece. Oferecer empregos diretos e indiretos em toda a cadeia produtiva, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social das comunidades envolvidas. |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir das entrevistas realizadas (2023).

Conforme Quadro 2, a entrevista possibilitou definir a missão do MATOPIBA biodiesel, indicando seus objetivos para o cumprimento de sua missão como organização perante a sociedade. Nota-se também que a definição da visão é uma projeção do que o biodiesel pretende ser no futuro. Por fim, os valores são os princípios fundamentais que orientam as ações da organização e o comportamento desejado de seus colaboradores. No caso do biodiesel, os valores estão alinhados à inclusão social, responsabilidade socioambiental, fortalecimento da cadeia produtiva, competitividade e geração de empregos.

Após definir o conceito e a finalidade do biodiesel no MATOPIBA constatou-se que a disponibilidade de matéria-prima é um fator crucial que afeta a capacidade de produção da usina de biodiesel MATOPIBA que, por sua vez, implica na disponibilidade do biodiesel. Esse fator é influenciado pelo ambiente em que o biodiesel é produzido, as atividades em outros níveis da cadeia produtiva e a regulação da ANP. A produção de outras culturas, como a soja e o algodão, pode reduzir a produção de biodiesel em razão de condições climáticas adversas, e a ANP estabelece requisitos para a produção de biodiesel que podem limitar a disponibilidade de outras matérias-primas. Portanto, a disponibilidade de matéria-prima é um fator crítico que afeta a produção de biodiesel no MATOPIBA.

### **3.2 Desdobramento vertical de recursão**

Na aplicação do *software VSMod*®, o desdobramento vertical da complexidade foi estruturado os quatro níveis recursivos desde a produção de matéria-prima até a produção de biodiesel, tendo como pressuposto a competitividade do setor, conforme a figura a seguir.

Figura 3 - Níveis de Desdobramento vertical



Fonte: Elaborado pelo autor com baseado na aplicação do VSM (2023).

Com a aplicação do VSM ao sistema em foco (produção de biodiesel), foi possível identificar de que forma pode ocorrer as interações entre as organizações e instituições e setor citadas no âmbito da competitividade do biodiesel MATOPIBA. Primeiramente, observou-se que a interação do Ministério de Minas e Energia (MME) com o setor se resulta na promoção da produção de biodiesel, criando políticas públicas que incentivam o uso de biocombustíveis e estabeleçam metas de produção, como é o caso da Lei n. 8.171, de 17 de janeiro de 1991, que dispõe sobre a política agrícola que possibilitou a implementação do Plano Agrícola e Pecuário (PAP) e Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PGAA) que implicam na disponibilidade de matérias-primas na região e na viabilidade do setor.

Outro ponto observado nas entrevistas é que o Ministério Público pode desempenhar um papel importante na fiscalização da produção de biodiesel, garantindo o cumprimento das normas ambientais e trabalhistas, mas, principalmente, no cumprimento das metas anuais obrigatórias de redução da emissão de gases de efeito estufa para comercialização de combustíveis.

Em relação aos produtores rurais que comercializam matérias-primas e as indústrias que podem produzir e comercializar biodiesel, nas entrevistas foram destacadas, de forma ilustrativa, as principais matérias-primas (ver Figura 4), do mesmo modo os desafios como a falta de incentivos fiscais e a concorrência com outras formas de energia.

Figura 4 - Principais matérias-primas do MATOPIBA



Fonte: Elaborado pelo autor baseado nas entrevistas (2023).

Em relação ao nível intermediário, vale ressaltar que, na opinião dos entrevistados, a soja torna-se a mais competitiva da região, razão pela qual sobrepõe as demais matérias-primas definidas no nível intermediário, de forma a torna-se superior aos seus componentes como sementes de soja, fertilizantes, culturas temporárias e permanentes, soja,

armazenamento de soja, esmagamento de soja, farelo de soja e extração mecânica e/ou solvente de óleo de soja bruto.

Quanto às matérias-primas produzidas no MATOPIBA, pode-se dizer que, no Brasil, devido à sua grande extensão territorial, possui uma grande diversidade de produção de biodiesel, como soja, girassol, mamona, milho, pinhão-manso, algodão, canola, babaçu, buriti, dendê, macaúba e amendoim, além dos de origem animal como sebo bovino e de frango e suíno, óleos residuais, óleos de vísceras de peixes e alimentos de cozinha (fritura óleo) também são usados como matérias-primas alternativas (RAMOS, et. al. 2017).

De maneira geral, pelo que é apresentado em relação à variedade de matérias-primas existentes no local e ao pouco uso de matérias-primas não comestíveis na seção anterior, tende a ser um fator crítico na região e, ao mesmo tempo, torna-se uma oportunidade para novos investidores neste setor.

No nível intermediário, a estrutura insumo-produto da cadeia global de valor do biodiesel de soja que envolve todo o fluxo do processo desde o plantio da soja, industrialização e comercialização do biodiesel. De acordo com entrevistas realizadas, percebeu-se que o período de produção do biodiesel, embora tenha demanda permanente devido à mistura obrigatória do diesel, depende da safra de colheita da soja em função dos custos da matéria-prima.

Percebe-se que as fábricas que utilizam soja na produção de biodiesel utilizam os mesmos instrumentos usados na produção de óleo envasado (comestível) no processo normal de extração do biodiesel, além disso se percebeu que o processo de extração do biodiesel é feito nas fábricas que produzem óleos vegetais, porém, essas empresas compram, recebem, esmagam a soja, extraem o óleo e produzem o biodiesel.

### **3.3 Sistema em foco Indústria de biodiesel do MATOPIBA: o caso da Granol de Porto Nacional - TO**

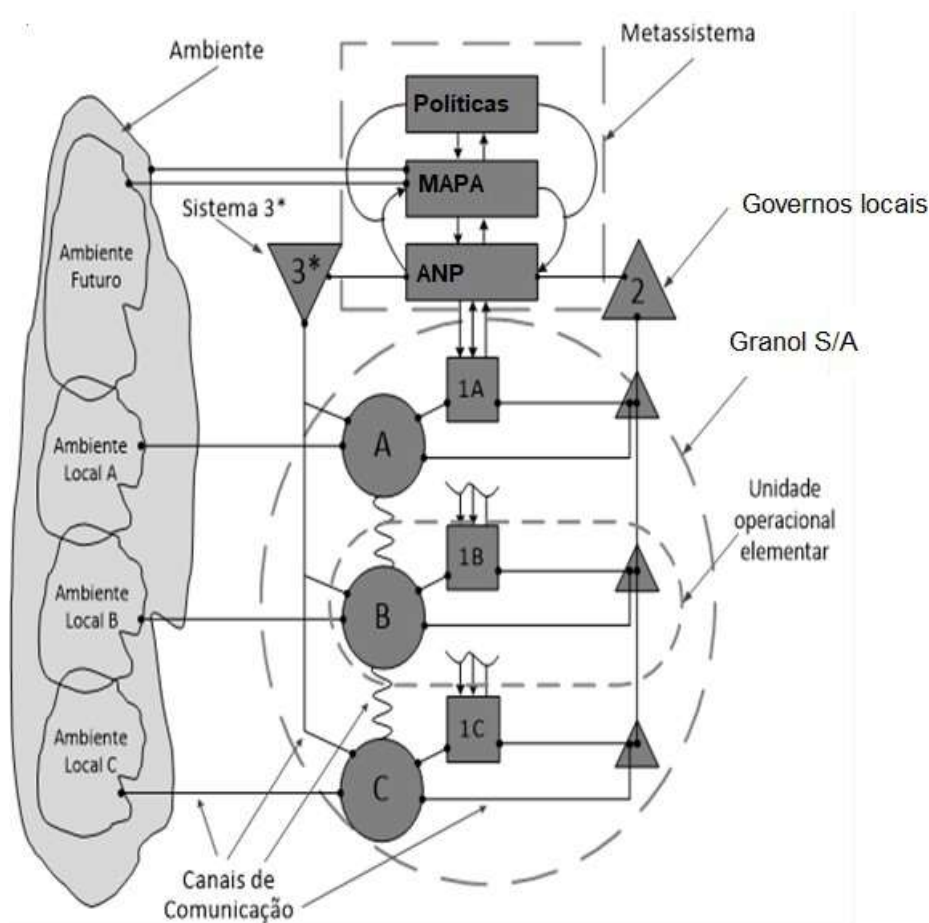
Após realizar o desdobramento vertical do sistema de interesse, este estudo buscou apresentar, na Figura 5, a estrutura organizacional da competitividade do biodiesel de forma que cada ambiente em si fosse discutido separadamente. Para tanto, o sistema em foco (nível 3) foi a indústria de biodiesel no MATOPIBA.

Na dimensão horizontal, foi possível continuar o processo de absorção da complexidade do ambiente, embora agora limitando especificamente o ambiente

correspondente ao sistema em foco. Nesta dimensão, procurou-se essencialmente analisar os seguintes elementos: o sistema em foco e a sua gestão.

No lado esquerdo da Figura 5, há uma representação esquemática do ambiente local, em que se faz alusão as matérias-primas disponíveis na região do MATOPIBA e o futuro que faz alusão aos desafios e perspectivas que as indústrias de biodiesel podem enfrentar no futuro como um todo. O lado direito da figura mostra os canais de comunicação que permitem à gestão enfrentar a complexidade do sistema em foco. Por isso, foi considerada como parte dos canais de comunicação, a indústria e a produção de biodiesel.

Figura 5 - Ilustração da Competitividade do biodiesel na Região MATOPIBA na perspectiva do VSM



Fonte: Pérez Ríos (2008) e adaptado pelo autor

A figura ilustrativa revela uma estrutura organizacional da competitividade do biodiesel MATOPIBA dividida em: 1) ambiente local; 2) comunicação; 3) sistemas 5, 4, 3, 3\*, 2 e 1, e, 4) ambiente futuro.

Sobre o ambiente local, identificou-se que há, no momento, apenas a Granol Indústria Comércio e Exportação S.A, produtora de Biodiesel sediada no MATOPIBA, localizada no



município de Porto Nacional, Estado de Tocantins que produz biodiesel MATOPIBA, cuja capacidade de produção de biodiesel de 800m<sup>3</sup>/d. A logística de transporte do óleo bruto processado para as indústrias de biodiesel na região do MATOPIBA deve ser cuidadosamente planejada para garantir eficiência e redução de custos. Nesse sentido, identificou-se que existem três unidades de extração de óleo cru que estão mais próximas da produtora de biodiesel instalada no município de Porto Nacional – TO, sendo: duas localizadas no município de Cariri - TO, distante aproximadamente 176,9 km, que podem utilizar como meio de transporte as rodovias BR-153 e TO-070 e uma localizada no município de Luís Eduardo Magalhães-BA, distante 429,6 km, com vias de transporte pelas rodovias TO-040 e BR-010.

No entanto, as unidades mais distantes da produtora de biodiesel de Porto Nacional estão nos municípios de Barreiras-BA, a 517,5 km, pela rodovia TO-040, e em Porto Franco-MA, a 589,5 km de distância, pelas rodovias BR-153 e BR-226. Porém, a extratora de óleo com maior distância está localizada no município de Uruçuí-PI, distante 895,4 km da indústria de biodiesel instalada em Porto Nacional - TO, saindo pela rodovia BR-230.

Em síntese, no ano de 2022, o estudo não constatou a utilização de matérias-primas adicionais como algodão, girassol, canola, amendoim ou mamona, nas unidades extratoras de óleo cru localizadas nos municípios de Cariri - TO e Luís Eduardo Magalhães que estão mais próximas à produtora de biodiesel do MATOPIBA. Além disso, não há registros de produção de biodiesel na região utilizando essas matérias-primas mencionadas na área do MATOPIBA.

Entre os pontos fracos da região, apurados nas entrevistas, estão os canais de distribuição, a disponibilidade de mão de obra qualificada, a concorrência e as ameaças tecnológicas, como carros elétricos. Diante das informações levantadas, foram identificados alguns pontos críticos de desdobramento horizontal de recursão na produção de biodiesel, os quais são importantes de serem pontuados:

- A dependência excessiva da matéria-prima soja ao longo dos anos, o que pode tornar a produção vulnerável às oscilações de preço e disponibilidade dessa matéria-prima, além de limitar a diversificação do portfólio de produtos do biodiesel;
- A necessidade de integração ou expansão de outras matérias-primas como algodão e sebo bovino, por exemplo;
- Pouca adaptação à sustentabilidade social dada à dependência da soja ao longo dos anos.

Aplicando a análise do VSM, constatou-se os seguintes desafios:

- **Sistema 5:** que trata das políticas, apresenta o desafio direto que é a necessidade de reformular as políticas governamentais para diversificar as matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel. Isso é importante porque a produção de biodiesel no Brasil é predominantemente baseada no óleo de soja, o que torna o setor vulnerável a flutuações de preços e escassez de matéria-prima. Além disso, há o desafio indireto de falta de incentivos e financiamento para pesquisa e desenvolvimento, o que pode dificultar a inovação e a melhoria da eficiência da produção;
- **Sistema 4:** que trata da inteligência, fica evidente o desafio direto que é a falta de informações precisas e atualizadas sobre o mercado e a concorrência, o que pode dificultar a identificação de oportunidades. É importante avaliar novas matérias-primas e tecnologias que possam ser utilizadas na produção de biodiesel, como forma de aumentar a competitividade do setor e reduzir a dependência de uma única matéria-prima;
- **Sistema 3:** trata-se do controle da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), fica evidente que existem desafios no que diz respeito ao cumprimento das regras e normas no âmbito do sistema em foco (produção de biodiesel). Essas regulamentações, implementadas pela ANP buscam assegurar o monitoramento da quantidade e sustentabilidade ao longo de todo o processo de produção e distribuição de biodiesel;
- **Sistema 3\*:** este se refere ao sistema de auditoria, que realiza uma avaliação das atividades desenvolvidas pelo sistema em foco (produção de biodiesel), à luz das normas e regras implementadas pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Durante uma análise realizada neste estudo, tornou-se evidente que os desafios associados a esse sistema recaem sobre entidades ou profissionais independentes e especializados em auditoria. Esses desafios incluem a necessidade de um conhecimento técnico detalhado das operações de produção de biodiesel, bem como das normas e regulamentações do setor. Além disso, garantir o acesso a informações relevantes pode ser uma tarefa complexa, principalmente o acesso a dados sigilosos da empresa;
- **Sistema 2:** que trata da coordenação, são os governos locais diante das dificuldades em coordenar as diferentes áreas do setor para garantir a eficiência

e produtividade na produção de biodiesel, desde a produção de matéria-prima até ao consumidor final. É importante estabelecer uma coordenação efetiva entre os diferentes atores da cadeia produtiva, incluindo produtores de matéria-prima, industriais de processamento, distribuidores e consumidores finais, para garantir a eficiência e a qualidade do produto final. Isso inclui também a colaboração com instituições de pesquisa e desenvolvimento para promover a inovação e a melhoria contínua dos processos;

- **Sistema 1:** que trata das operações, fica evidente os elevados custos de produção devido a ineficiências na operação. Considerando uma entrevista realizada com um representante da indústria de biodiesel de Porto Nacional, é possível verificar que a cadeia produtiva da empresa é completa, desde o plantio da matéria-prima até a produção final do biodiesel. No entanto, para o biodiesel se manter competitivo, é importante considerar a aquisição do óleo vegetal de outros fornecedores para evitar a ociosidade da capacidade de produção do biodiesel. Além disso, é importante investir em tecnologia e inovação para melhorar a eficiência e reduzir os custos de produção.

Considerando o levantamento no painel dinâmico de biodiesel (2022) sobre a capacidade de armazenamento da produtora de biodiesel no Tocantins em 2021, que foi de 140.698 m<sup>3</sup>, percebeu-se que houve uma utilização superior da capacidade de armazenamento de biodiesel de aproximadamente 6%, uma vez que a empresa produziu 148.698 m<sup>3</sup> de biodiesel.

Em termos de competitividade, percebeu-se também que a capacidade tancagem de biodiesel sediada em Porto Nacional, Estado do Tocantins, é superior a capacidade de armazenamento de todas as produtoras instaladas nos Estados de Ceará (2.640m<sup>3</sup>); Mato-Grosso do Sul (141.045m<sup>3</sup>); Minas Gerais (40.752m<sup>3</sup>); Piauí (14.400m<sup>3</sup>); Rio de Janeiro (38.400m<sup>3</sup>); Rondônia (6.000m<sup>3</sup>); Santa Catarina (66.656m<sup>3</sup>) e São Paulo (133.611m<sup>3</sup>). Para tanto, a indústria utilizou 142.981m<sup>3</sup> de matéria-prima, sendo que 119.688 foram provenientes do óleo de soja, 18.257m<sup>3</sup> dos materiais graxos, 4.454m<sup>3</sup> de óleo de dendê, 376 m<sup>3</sup> de gordura bovina, 57m<sup>3</sup> de óleo fritura usado.

Diante dos resultados do estudo sobre a competitividade do biodiesel, constatou-se que a produção de biodiesel na região é fortemente dependente da soja como matéria-prima, o que acaba gerando concorrência com a indústria alimentícia e afetando negativamente a cadeia produtiva de alimentos no futuro. Considerando ainda, que foi identificada a oportunidade de diversificar as matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel, como o sebo bovino, o

algodão e a mamona local, que ainda não são exploradas pelo setor na região. Sobre o ambiente futuro (perspectivas), no que diz respeito à competitividade do biodiesel MATOPIBA, constatou-se:

- Sistema 5, no qual se vislumbra a implementação de uma nova política governamental no Brasil favorável ao biodiesel do MATOPIBA, incentivando a produção e uso de combustível renovável sem riscos ao meio ambiente e à cadeia alimentar no futuro;
- Sistema 4, vislumbra o surgimento de outras normas e regulamentos rígidos para a produção de biodiesel, com o objetivo de garantir a qualidade e segurança do produto, além de fiscalizar o cumprimento dessas normas;
- Sistema 3, visualiza o aprimoramento das regras e normas no processo de produção de biodiesel implementadas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP) que assegure a qualidade e integridade do setor;
- Sistema 3\*, abarca a garantia da conformidade, qualidade e eficácia das atividades de produção de biodiesel, promovendo a transparência, confiança e sustentabilidade do setor;
- Sistema 2, que envolve a coordenação por parte dos governos locais, busca contribuir com o setor em todas as etapas da produção de biodiesel, desde o cultivo da matéria-prima até a entrega ao consumidor final;
- Sistema 1, busca otimizar os processos de produção de biodiesel.

Considerando os sistemas analisados, é possível pensar em estratégias organizacionais que podem ser adotadas para expandir o sistema de biodiesel na região do MATOPIBA.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerando que o objetivo geral deste estudo foi identificar oportunidades de melhoria na estrutura organizacional de competitividade do biodiesel na região do MATOPIBA, apresenta-se a seguir as conclusões obtidas.

Com o VSM inicialmente, identificou-se que a produção de biodiesel na região é fortemente dependente da soja como matéria-prima, o que gera concorrência com a indústria alimentícia e afeta negativamente a cadeia produtiva de alimentos. Na aplicação do VSM, há evidências de uma grande demanda por óleo de soja na indústria alimentícia e na produção de biocombustíveis, a diversificação das matérias-primas utilizadas na produção de biodiesel na

região pode ajudar a reduzir a dependência da soja como matéria-prima no país e aumentar a competitividade do setor no mercado.

Por fim, podemos considerar estratégias organizacionais para a expansão do sistema de biodiesel na região do MATOPIBA. Sob uma perspectiva sistêmica, com foco nas políticas públicas, destaca-se a importância da articulação junto ao Ministério de Minas e Energia (MME), que é o órgão central do governo responsável pela formulação e implementação de políticas energéticas. Nesse contexto, o MME desempenha um papel fundamental na promoção e integração do biodiesel como um componente essencial da matriz energética.

É também essencial direcionar investimentos em pesquisa e desenvolvimento em colaboração com pesquisadores locais e regionais, especialmente aqueles ligados a instituições de ensino, como a Universidade Federal do Tocantins (UFT), que mantém um programa de pós-graduação em agroenergia em nível de mestrado. Esses pesquisadores estão engajados em áreas relacionadas a biocombustíveis, por meio de linhas de pesquisa como "Sistemas de Produção e Melhoramento de Culturas para Biocombustíveis" e "Processos de Obtenção de Biocombustíveis e Aproveitamento de Resíduos", os quais podem enriquecer a análise das demandas do mercado e dos consumidores, identificando oportunidades de inovação e otimização da eficiência produtiva.

Diante dessas considerações, é possível estabelecer um plano estratégico de competitividade regional para a produção de biodiesel, definindo metas e indicadores para monitorar o desempenho e trabalhar em parceria com fornecedores e clientes para garantir a eficiência da cadeia produtiva. Também é importante otimizar os processos produtivos, buscando eficiência e redução de custos, além de estabelecer uma gestão eficiente de estoques e logística para garantir o abastecimento do mercado. Essas estratégias organizacionais podem ser definidas para expandir o sistema de biodiesel na região do MATOPIBA, visando à sustentabilidade e competitividade do setor.

Por fim, conclui-se que a diversificação de matérias-primas na produção de biodiesel é fundamental para garantir a sustentabilidade da cadeia produtiva e a segurança alimentar. É necessário aprimorar as áreas da estrutura organizacional de competitividade do biodiesel relacionadas à matéria-prima, sua diversidade e oportunidades locais para tornar o processo produtivo mais eficiente, reduzindo a dependência da soja e minimizando o impacto negativo na cadeia alimentar.

## **REFERÊNCIAS**

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS (ANP). **Painel dinâmico matéria-prima**. Brasília-DF, 2022. Disponível em <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiOTlkODYyODctMGJjNS00MGlyLWJmMmWItNGJlNDg0ZTg5NjBliiwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTl0YTtytNGl0Mi1iN2VmLTExNGFmY2FkYzIxMyJ9&pageName=ReportSection8aa0cee5b2b8a941e5e0%22>>. Acesso em 08 de janeiro de 2023.

ASHBY, W.R. Requisite variety and its implications for the control of complex systems. *Cybernetica*, 1(2), pp.83-99, 1958.

ATADASHI, I.M.; AROUA, M.K.; AZIZ, A.A. High quality biodiesel and its diesel engine application: a review. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 14, pp. 1999-2008. Disponível em <[10.1016/j.rser.2010.03.020](https://doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.020)>. Acesso em 04 de abril de 2023.

BALAT, M.; BALAT, H. **Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel**. *Appl. Energy*, 86 (2009), pp. 2273-2282. Disponível em <[10.1016/j.apenergy.2009.03.015](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.03.015)>. Acesso em 12 de janeiro de 2023.

BEER, S. **Brain of the firm**. (2nd ed.). Chichester: Wiley. 1981.

BEER, S. **Diagnosing the System for Organizations**. Malik Edition, 2008

BEER, S. **Diagnosing the System for Organizations**. Wiley: Chichester. 1985.

BEER, S. **The heart of enterprise**. Chichester: Wiley. 1979.

BEER, S. The viable system model - its provenance, development, methodology and pathology. *Journal of the Operational Research Society*, 35(1), pp.7-25, 1984.

BENNETT, N., & LEMOINE, G.J. What VUCA really means for you. *Harvard Business Review*, 2014.

BENTI, N. E. et. al. BIODIESEL PRODUCTION IN ETHIOPIA: Current status and future prospects. *Scientific African*, Volume 19, 2023. e01531. ISSN 2468-2276. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227622004355>>. Acesso em 12 de janeiro de 2023.

BITITCI *et al.*, U.S. Bititci, T.J. Turner, P.D. Ball. The viable business structure for managing agility. *Inter. J. Agile Manag. Sys.*, 1 (3) (1999), pp. 190-199. 1999.

BRASIL. Decreto n. 9.888, de 27 de junho de 2019. Dispõe sobre a definição das metas compulsórias anuais de redução de emissões de gases causadores do efeito estufa para a comercialização de combustíveis de que trata a Lei nº 13.576, de 26 de dezembro de 2017, e institui o Comitê da Política Nacional de Biocombustíveis - Comitê RenovaBio. **Presidência da República**, Brasília-DF, de 27 de junho de 2019. Disponível em <[https://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2019/decreto/d9888.htm](https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d9888.htm)>. Acesso em 14 de maio de 2021.

BRASIL. Decreto nº 8.447, de 6 de maio de 2015. Dispõe sobre o Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba e a criação de seu Comitê Gestor. **Presidência da República**,

Brasília-DF, de 6 de maio de 2015. Disponível em  
<[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2015/decreto/d8447.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/decreto/d8447.htm)>. Acesso em 17 de julho de 2021.

BROCKLESBY, J. Using the viable systems model to examine multi-agency arrangements for combatting transnational organised crime. *J. Oper. Res. Soc.*, 63 (3) (2012), pp. 418-430.

BROCKLESBY, S. C. Designing a viable organization structure. *Long. Range Plan.*, 29 (1) (1996), pp. 49-57.

CHAUDHRY, I. Viable system model: a tool for managing sustainable development holistically. *Manag. Sustain. Arab Rev.*, 1 (1), 2022, pp. 50-65.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra Brasileira de Grãos.** Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília-DF, de Ano 2022. Disponível  
<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>>. Acesso em 08 de abril de 2023.

CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA. **Composição do CNPE.** Ministério de Minas e Energia, Brasília-DF, de 24/12/2020. Disponível em  
<<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/conselhos-e-comites/cnpe>>. Acesso 07 de abril de 2023.

DIAS, T. de L. **Modelo de sistemas viáveis em organizações públicas: um estudo de caso.** Dissertação de Mestrado apresentada na UFMG. Belo Horizonte, 1998.  
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). MATOPIBA GeoWeb. 2015. Disponível em: <<http://goo.gl/bZSz8Y>>. Acesso em: 31/05/2016. Environmental Systems Research Institute – ESRI. IDW – ArcMap 10.3. 2016. Disponível em: <<http://goo.gl/gxk4E2>>.

ESPEJO, R. **The Viable Systems Model: A Briefing about Organisational Structure.** Syncho, Ltd, Lincoln, UK, 2003.

ESPEJO, R.; GILL; A. The Viable System Model as a Framework for Understanding Organizations. **Syncho Ltd. & Phrontis Ltd.**, 1997. Disponível em:  
<<http://www.syncho.com/pages/pdf/Introduction%20to%20Viable%20System%20Model%20RETG.pdf>>. Acesso em 24 de agosto de 2021.

FAZAL, M.A.; HASEEB, A.S.M.A.; MASJUKI, H.H. Biodiesel feasibility study: an evaluation of material compatibility; Performance; emission and engine durability. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 15 (2011), pp. 1314-1324. Disponível  
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032110003448>> Acesso em 04 de abril de 2023.

FLOOD, R.L., & JACKSON, M.C. **Creative problem solving:** total systems intervention. John Wiley and Sons, 1991.

FRANCO, L.A., & MONTIBELLER, G. Facilitated modelling in operational research. **European Journal of Operational Research.** Volume 205, Issue 3, 16 September 2010, Pages 489-500 Disponível em

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221709006699>>. Acesso em 21 de janeiro de 2023.

GRANOL. Onde Estamos. São Paulo-SP. Disponível em <<http://www.granol.com.br/Onde-Estamos/>>. Acesso de 10 de julho de 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa Trimestral do Abate de Animais**. Ano 2022. Disponível <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9203-pesquisas-trimestrais-do-abate-de-animais.html>>. Acesso em 08 de abril de 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Sistema IBGE de Recuperação Automática – Sidra. 2016b. Disponível em: <<http://goo.gl/cto2oF>>.

KHAN, I.A.; *et. al.* Enhancement in the performance of a diesel engine fuelled with Pongamia methyl ester and n-butanol as oxygenated additive. *Int. J. Ambient Energy*, 40 (2019), pp. 842-846. Disponível em <10.1080/01430750.2018.1437559>. Acesso em 04 de abril de 2023.

KHAN, T.A.; *et. al.* A hydrodynamic cavitation-assisted system for optimization of biodiesel production from green microalgae oil using a genetic algorithm and response surface methodology approach. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 29 (2022), pp. 49465-49477. Disponível <10.1007/s11356-022-20474-w>. Acesso 04 de abril de 2023.

LECHLER, R. C. *et. al.* The project-oriented organisation through the lens of viable systems. **Project Leadership and Society**. Volume 3, 2022, 100072, ISSN 2666-7215. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666721522000321>>. Acesso em 09 de janeiro de 2022.

LEONARD, A. A viable system model: consideration of knowledge management. **Journal of Knowledge Management Practice**, 1 (1999).

LEONARD, A. Integrating sustainability practices using the viable system model. **Syst. Res. Behav. Sci.**, 25 (5) (2009), pp. 643-654 Lowe *et al.*, 2020.

LOWE, D., ESPINOSA, A., & YEARWORTH, M. Constitutive rules for guiding the use of the Viable System Model: Reflections on practice. **European Journal of Operational Research**, 2020. Doi: 10.1016/j.ejor.2020.05.030. Acesso em 14 de janeiro de 2023.

LUKOSEVICIUS, A. P.; MARCHISOTTI, G. G.; SOARES, C. A. P. **Panorama da complexidade: principais correntes, definições e constructos**. Artigos. v. 11 n. 4 (2016): dezembro/2016. ISSN: 1980-5160. Revista Sistemas & Gestão - Universidade Federal Fluminense. Disponível em <<https://www.revistasg.uff.br/sg/article/view/1157>>. Acesso em 19 de setembro de 2022.

MACHADO NETO, A. J.; MONTEIRO, F.; GIRALDI, J. de M. E. **O Modelo de Sistemas Viáveis - VSM: proposta para sua aplicação em uma instituição municipal de ensino superior**. Disponível em <<http://legacy.unifacef.com.br/quartocbs/arquivos/10.pdf>>. Acesso em 02 de agosto de 2019.



MAYANGSARI, L.; NOVANI, S.; HERMAWAN, P. Batik Solo Industrial Cluster Analysis as Entrepreneurial System: A Viable Co-creation Model Perspective. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**. Volume 169, 2015. Pages 281-288. ISSN 1877-0428. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815003481>>, Acesso em 17 de março de 2023.

MCCULLOCH, W.S. **Embodiments of mind**. Camb.: MIT Press, 1965.

PEPPARD, J. **The application of the viable systems model to information technology governance**. ICIS 2005 Proceedings, 5 (2005).

PÉREZ RÍOS, J. **Diseño y Diagnóstico de Organizaciones Viabes: Un enfoque sistémico**. Valladolid (España),. ISBN 978-84-612-5845-1, 2008.

RAMOS, L. P; *et. al.* Biodiesel: Matérias-Primas, Tecnologias de Produção e Propriedades Combustíveis. Rev. **Virtual Quim.**, 2017, 9 (1), 317-369. Data de publicação na Web: 9 de dezembro de 2016. Disponível em <<http://static.sites.s bq.org.br/rvq.s bq.org.br/pdf/v9n1a20.pdf>>. Acesso em 04 de agosto de 2022.

RIZZOLI, A. L. *et al.* **O controle público de agrotóxicos em Santa Catarina sob a perspectiva do modelo do sistema viável (VSM): o caso da Cidasc**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Florianópolis, 2013. Disponível em <<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/122818>>. Acesso em 21 de janeiro de 2023.

RIZZOLI, A., e SCHLINDWEIN, S. L. O controle de agrotóxicos realizado pela CIDASC em Santa Catarina sob a perspectiva do Modelo do Sistema Viável (VSM). In: **IX Congresso Brasileiro de Sistemas**. Anais do IX Congresso Brasileiro de Sistemas. Palmas: Unitins, p. 125-145.

SCHWANINGER, M. Embodiments of organizational fitness: The Viable System Model (VSM) as a guide. **Systems Practice**, 3(3), pp.249-264, 1990. doi: 10.1007/BF01062731.

SCHWANINGER, M.; SCHEEF, C. A test of the viable system model: theoretical claim vs. empirical evidence. **Cybern. Syst.**, 47 (7) (2016), pp. 544-569.

SGROI, F. MODICA, F. Long-term changes in business models in inland and mountainous areas for the promotion of sustainable food systems. **Journal of Agriculture and Food Research**. Volume 10, 2022. 100451. ISSN 2666-1543. Disponível em <<https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100451>>. Acesso em 28 de março de 2023.

SHARMA, Y.C.; SINGH, B. Development of biodiesel: current scenario. **Renew. Sustain. Energy Rev.**, 13 (2009), pp. 1646-1651. Disponível em <[10.1016/j.rser.2008.08.009](https://doi.org/10.1016/j.rser.2008.08.009)>. Acesso em 04 de abril de 2023.

YADAV, A.K.; *et. al.* Methyl ester of Gmelina arborea oil as a substitute for petroleum diesel: an experimental study on its performance and emissions in a diesel engine. **Energy**

**Source.**, Part A Recover Util. Environ. Eff., 43 (2021), pp. 1307-1314. Disponível em <10.1080/15567036.2019.1636164> Acesso em 04 de abril de 2023.

YADAV, A.K.; et. al. Optimisation of biodiesel production from bitter groundnut oil using Taguchi method and its performance and emissions characteristics on a 4-cylinder Tata Indica engine. Int. J. Sustain. Agric. Manag. **Informat.**, 1 (2015), pp. 285-300. Disponível <10.1504/IJSAMI.2015.075054>. Acesso em 04 de abril de 2023.

YADAV, A.K.; et. al. Performance and emission characteristics of a transportation diesel engine operated with non-edible vegetable oils biodiesel. Case Stud. **Therm. Eng.**, 8 (2016), pp. 236-244. Disponível <10.1016/j.csite.2016.08.001>. Acesso em 04 de abril de 2023.

YADAV, A.K.; Khan, M.E.; Pal, A. Biodiesel production from oleander (Thevetia Peruviana) oil and its performance testing on a diesel engine. Korean J. **Chem. Eng.**, 34 (2017), pp. 340-345. Disponível em <10.1007/s11814-016-0270-8>. Acesso em 04 de abril de 2023.

## 8. CONSIDERAÇÕES FINAIS DA TESE

Considerando que o objetivo geral deste estudo foi analisar como a competitividade do biodiesel MATOPIBA pode se tornar mais viável no cenário nacional e internacional em um contexto cada vez mais dinâmico e complexo, é apresentada a conclusão e recomendação a seguir.

Primeiramente, constatou-se que a produção de biodiesel no Brasil tem sido tradicionalmente baseada em matérias-primas que competem diretamente como a cadeia alimentar como a soja, por exemplo. No entanto, há um crescente interesse na utilização de outras fontes de matéria-prima, como sebo bovino que já está sendo utilizado para produção de biodiesel na região MATOPIBA, o que, conseqüentemente, pode trazer benefícios como a redução da dependência do uso da soja e mais sustentabilidade ao meio ambiente por meio da redução das emissões de gases de efeito estufa.

No entanto, identificou-se também, alguns desafios em relação à diversidade de matérias-primas existentes no Brasil e na região MATOPIBA, um deles é no quesito investimento em inovação tecnológica, pois o setor de biocombustíveis no Brasil ainda apresenta uma baixa quantidade de participação de registros de patentes em relação ao Estados Unidos, que é o principal concorrente do biodiesel brasileiro, o qual têm investido fortemente em pesquisa e inovação nessa área. Entende-se que o percentual de investimento em inovação tecnológica no Brasil em relação aos Estados Unidos, por exemplo, tende a ser uma das variáveis que justificam a concentração da produção de biodiesel a partir da soja em algumas regiões do país, como o MATOPIBA.

De acordo com os dados coletados, fica evidente a dependência da soja para a produção de biodiesel MATOPIBA. No entanto, o estudo também conseguiu identificar algumas perspectivas importantes, entre elas, a possibilidade de utilização de tecnologias de produção de biodiesel a partir de óleos não comestíveis, o que permite uma produção mais sustentável desde que implemente políticas públicas que estimulem além da utilização do sebo bovino, o plantio direto e a agricultura familiar de alguns matérias-primas, como a mamona, por exemplo.

Tendo em vista as perspectivas e a possibilidade de viabilidade do setor, entende-se que o resultado da implementação de novas políticas públicas específicas para este fim depende de como as organizações e instituições envolvidas com o setor irão interagir, comunicar e colaborar para a construção de uma proposta cujo objetivo é garantir a viabilidade do setor em um cenário cada vez mais competitivo até porque, observou-se que a

competitividade do biodiesel está diretamente ligada a políticas públicas voltadas a ações, atividades, projetos e programas que enfatizem a sustentabilidade da indústria de biocombustíveis e a segurança do abastecimento, a defesa dos interesses do consumidor em relação a preço, qualidade e abastecimento de produtos; a eficácia dos biocombustíveis em contribuir para a mitigação efetiva das emissões de gases de efeito estufa e poluentes locais, como é o caso da Política Nacional de Biocombustíveis (Renovabio) criada pelo governo federal, que está mais ligada à mistura de biodiesel ao diesel do que à forma como as empresas competem entre si.

Diante do exposto, notou-se que a política existente no Brasil voltada para o setor e competitividade, quando analisada a partir do MATOPIBA, demonstra certa estagnação nos últimos anos, pois foi constatado que grande parte do número de produtores e da produção do biodiesel no Brasil se concentrou nas regiões Centro-Oeste e Sul, e grande parte do consumo de biodiesel no Brasil está concentrado na região Sudeste. Outro fator interessante nesse estudo é no tocante às vendas do biodiesel produzido no MATOPIBA, percebeu-se que Maranhão, Pará, Distrito Federal e Pernambuco são os principais destinos do produto produzido no MATOPIBA. Por fim, identificou-se que a produtora de Biodiesel instalada no município de Porto Nacional se apresenta em posição relevante no contexto MATOPIBA.

Finaliza-se destacando as limitações do estudo, como o acesso aos dados concretos que materializaram esta pesquisa, bem como a realização de entrevistas diante da resistência dos entrevistados no contexto do mérito da questão. Outro fator limitante neste estudo, foi o entendimento inicial da aplicação do viable system model (VSM), que foi bastante desafiador para o pesquisador na época.

Por fim, conclui-se afirmando que o biodiesel de MATOPIBA pode se tornar mais competitivo no cenário nacional e internacional desde que haja um percentual equilibrado de utilização de matérias-primas da região, dando preferência a matérias-primas não comestíveis, como, por exemplo, sebo bovino e óleo de fritura usados para que o setor não fique totalmente dependente da produção de soja ou outros tipos de oleaginosas que competem diretamente com a cadeia alimentar. Dados mostraram que, nos últimos anos, mais de 80% da matéria-prima utilizada na produção de biodiesel no MATOPIBA é soja, o que pode comprometer até mesmo a cadeia alimentar no futuro.

Embora o uso de matérias-primas não comestíveis na produção de biodiesel tenha custos menores, também é preciso que agentes públicos e privados se articulem em torno da implementação de políticas inovadoras para inclusão de matérias-primas mais sustentáveis na região do MATOPIBA e, ao mesmo tempo, que revisem as políticas de incentivo à produção

de biocombustíveis no Brasil para que haja um uso equilibrado de matérias-primas não comestíveis na produção de biodiesel no MATOPIBA.

Diante das constatações, este estudo traz à tona a resposta do que precisa ser feito para tornar o biodiesel MATOPIBA viável e mais competitivo:

- Primeiramente, é preciso diversificar as fontes de matéria-prima para reduzir a dependência da soja e, assim, aumentar a produção de outras culturas, como o sebo bovino e o algodão;
- Segundo, é preciso, tanto o poder público quanto o privado, investir em tecnologias que permitam o uso de novas matérias-primas emergentes na região, que possa tornar o biodiesel mais sustentável e econômico;
- Terceiro, é fundamental reformular as políticas públicas de incentivo à produção e ao consumo de biocombustíveis, como o Programa Nacional de Produção e Uso do Biodiesel (PNPB) implantado em meados de 2004, no qual se baseava a diversidade de matérias-primas, mas que teve poucos avanços nesse sentido na região do MATOPIBA, uma vez que a soja para produção de biodiesel é predominante no local;
- Outro ponto a considerar, diz respeito às políticas de incentivo público-privadas no planejamento da produção agrícola da região, levando em consideração as condições climáticas e a demanda por biodiesel. Todavia, se o poder público e privado não se empenharem em investir em infraestrutura na região para atrair e aumentar o número de extratores de óleos vegetais e animais, principalmente na região do MATOPIBA, onde a disponibilidade de matéria-prima é um fator crucial que afeta a capacidade da produtora de biodiesel, uma vez que há um percentual de capacidade ociosa, certamente o biodiesel continuará inviável e menos competitivo no cenário nacional e internacional.

Diante dos desafios e perspectivas apresentadas, recomenda-se um plano de desenvolvimento da competitividade do setor, voltado diretamente para o aproveitamento de outras matérias-primas, incluindo um novo formato voltado para atender a realidade da agricultura familiar de cada região, evitando a concorrência direta com a cadeia alimentar, como ocorre com a soja exportada em grãos. Assim, o setor se torna mais competitivo no cenário nacional e internacional.

Por fim, a necessidade de implantação de um plano de desenvolvimento da competitividade do biodiesel na região do MATOPIBA torna-se um instrumento de planejamento de políticas públicas em que as ações ou programas implementados por agentes públicos, em parceria com a iniciativa privada, tendem a viabilizar o setor, mas, acima de tudo, a promoção do desenvolvimento local e regional.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCMBUSTÍVEIS (ANP). **Painel dinâmico matéria-prima**. Ano 2022. Disponível em <<https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiOTlkODYyODctMGJjNS00MGlyLWJmMWItNGJlNDg0ZTg5NjBliwidCI6IjQ0OTlmNGZmLTI0YTtytNGI0Mi1iN2VmLTeyNGFmY2FkYzIxMyJ9&pageName=ReportSection8aa0cee5b2b8a941e5e0%22>>. Acesso em 08 de janeiro de 2023.

ANTUNES, V. N. B. **Análise de competitividade e eficiência da cadeia produtiva do biodiesel no Brasil utilizando a MAP**. Revista Brasileira de Energia, Vol. 19, N 119 o. 2, 2o, Sem. 2013, pp. 119-140.

BALAT, M. **Potential alternatives to edible oils for biodiesel production - A review of current work**. Energy Convers. Manag., 52 (2011), pp. 1479-1492. Disponível <[10.1016/j.enconman.2010.10.011](https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.10.011)>. Acesso em 12 de janeiro de 2023.

BALAT, M.; BALAT, H. Progress in biodiesel processing. Appl. Energy, 87 (2010), pp. 1815-1835. Disponível em <[10.1016/j.apenergy.2010.01.012](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.01.012)>. Acesso em 04 de abril de 2023.

BALAT, M.; BALAT, H. **Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel**. Appl. Energy, 86 (2009), pp. 2273-2282. Disponível em <[10.1016/j.apenergy.2009.03.015](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.03.015)>. Acesso em 12 de janeiro de 2023.

BARREIROS, T.; et. al. **Impact of biodiesel production on a soybean biorefinery**. Renewable Energy, Volume 159, 2020, Pages 1066-1083, ISSN 0960-1481, Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148120309745>>. Acesso em 28 de dezembro de 2022.

BENTI, N. E. et. al. BIODIESEL PRODUCTION IN ETHIOPIA: Current status and future prospects. Scientific African, Volume 19, 2023. e01531. ISSN 2468-2276. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227622004355>>. Acesso em 12 de janeiro de 2023.

BLANCO, L. de S. et. al. Agronegócio e suas repercussões no Matopiba. Revista OKARA: Geografia em debate, v. 15, n. 2, p. 173-190, 2021. ISSN: 1982-3878 João Pessoa, PB, DGEOC/CCEN/UFPB: Geografia em debate, v. 15, n. 2, p. 173-190, 2021. Disponível em <<C:/Users/Fernando%20Lima/Downloads/okara3-vol15-n2-173-190-matopiba.pdf>>. Acesso em 09 de março de 2023.

BRASIL. Decreto n. 8.447, de 6 de maio de 2015. Dispõe sobre o Plano de Desenvolvimento Agropecuário do Matopiba e a criação de seu Comitê Gestor.

CÉSAR, A. da S. **A competitividade da produção do biodiesel no Brasil: uma análise comparativa de mamona, dendê e soja.** Tese (Doutorado). Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), 2012, 246 f. Disponível em <https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3397/4326.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em 06 de julho de 2021.

CÉSAR, A. da S. et. al. **Competitiveness analysis of “social soybeans” in biodiesel production in Brazil.** *Renewable Energy*, Volume 133, 2019, Pages 1147-1157, ISSN 0960-1481. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148118310589>>. Acesso em 28 de dezembro de 2022.

DE MIRANDA, S. do C.; et. al. Regional variations in biomass distribution in Brazilian Savanna Woodland. *Biotropica*, 46 (2) (2014), pp. 125-138. Disponível em <10.1111/btp.12095>. Acesso em 09 de março de 2023. *Ecohydrology*, 8 (6) (2015), pp. 1154-1180, 10.1002/eco.1573.

FERRERO, G.O.; FABÁ, E.M.S.; EIMER, G.A. **Biodiesel production from alternative raw materials using a heterogeneous low ordered biosilicified enzyme as biocatalyst.** *Biotechnol. Biofuels*, 14, 2021, pp. 1-11. Disponível em <10.1186/s13068-021-01917-x>. Acesso em 12 de janeiro de 2023.

FINCO, M.V.A. AND DOPPLER, W. **Bioenergy and sustainable development: the dilemma of food security and climate change in the Brazilian savannah.** *Energy for Sustainable Development*, 14 (2010), pp. 194-199.

FRANÇOSO, R.D. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. *Natureza & Conservação*, 13 (1) (2015), pp. 35-40, 10.1016/j.ncon.2015.04.001.

HUNKE, P. et. al. The Brazilian Cerrado: Assessment of water and soil degradation in catchments under intensive agricultural use.  
JIA, F.; et. al. Soybean supply chain management and sustainability: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 255 (2020), Article 120254. Disponível em <10.1016/J.JCLEPRO.2020.120254>. Acesso em 04 de março de 2023.

LAHSEN, M.; BUSTAMANTE, M.M.C.; DALLA-NORA, E.L. Undervaluing and overexploiting the Brazilian Cerrado at our peril. *Environment*, 58 (6) (2016), pp. 4-15, 10.1080/00139157.2016.1229537.

LEITE-FILHO, A.T.; DE SOUSA PONTES, V.Y.; COSTA, M.H. Effects of deforestation on the onset of the rainy season and the duration of dry spells in Southern Amazonia. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124 (10) (2019), pp. 5268-5281, 10.1029/2018JD029537.

MURTA, A. L. S. et. al. **The use of palm oil biodiesel blends in locomotives: An economic, social and environmental analysis.** *Renewable Energy*, Volume 164, 2021, Pages 521-530,

ISSN 0960-1481 Disponível em

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148120313392>>. Acesso em 28 de dezembro de 2022.

MYERS, N., *et al.* Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature Ecology & Evolution*, 1 (99) (2017), pp. 1-3, 10.1038/s41559-017-0099. *Nature*, 403 (2000), pp. 853-858, 10.1038/35002501.

OLIVEIRA, F.C.; *et. al.* **The Brazilian social fuel stamp program: few strikes, many bloopers and stumbles.** *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 102 (2019), pp. 121-128.

OLIVEIRA, P.; *et. al.* The water balance components of undisturbed tropical woodlands in the Brazilian cerrado. *Hydrology and Earth System Sciences*, 19 (6) (2015), pp. 2899-2910, 10.5194/hess-19-2899-2015.

POUSA *et al.* **History and policy of biodiesel in Brazil.** *Energy Pol.*, 35 (2007), pp. 5393-5398. Disponível em <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030142150700211X>>. Acesso em 14 de janeiro de 2023.

RIBEIRO, J. F. and WALTER, B. M. T. (2008). As principais fitofisionomias do bioma Cerrado, in *Cerrado: Ecologia e Flora*. Embrapa, pp. 151–212. Disponível <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/136069/1/fitofisionomias-do-Bioma-Cerrado-2.pdf>>.

RIBEIRO, R. A. **Estado e biocombustíveis: uma parceria para o desenvolvimento?** *Ponto de Vista*, n. 8, ago. 2013. ISSN 1983-733X. Disponível em: <[https://www.academia.edu/13429208/Estado\\_e\\_Biocombust%C3%ADveis\\_no\\_Brasil\\_uma\\_parceria\\_para\\_o\\_desenvolvimento](https://www.academia.edu/13429208/Estado_e_Biocombust%C3%ADveis_no_Brasil_uma_parceria_para_o_desenvolvimento)>. Acesso em: 5 maio 2020.

SILVA, M.A.A.; *et. al.* **A new spectrophotometric method for determination of biodiesel content in biodiesel/diesel blends.** *Fuel*, 143 (2015), pp. 16-20. Disponível em <10.1016/j.fuel.2014.10.048>. Acesso em 15 de janeiro de 2023.

SORDA, G. **An overview of biofuel policies across the world.** *Energy Policy*, 12 (2010).

SORDA, G. *et. al.* **An overview of biofuel policies across the world.** *Energy Pol.*, 38 (2010), pp. 6977-6988.

SPERA, S. *et. al.* Land-use change affects water recycling in brazil's last agricultural frontier. *Global Change Biology*, 22 (10) (2016), 10.1111/gcb.13298. Strassburg, B., *et al.* Moment of truth for the Cerrado.

ZONIN, V.J.; *et. al.* **Multicriteria analysis of agricultural raw materials: a case study of BSBIOS and Petrobras Biofuels in Brazil.** *Energy Pol.*, 67 (2014), pp. 255-263.



## APÊNDICE

### Roteiro de entrevista semiestrutura

Local \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

#### Perguntas norteadoras

1. No primeiro momento tem como proposta, definir a missão, visão e valores do biodiesel como organização, além de descrever suas limitações que influenciam a Competitividade do biodiesel produzido no MATOPIBA com as seguintes questões:

- a) Na opinião, qual a razão de ser para o setor de biodiesel e o papel na sociedade?
- b) Para o(a) Sr(a), o que o setor de biodiesel pode se tornar nos próximos anos ?
- c) Para o(a) Sr(a), quais são os valores que as empresas do setor de biodiesel devem ter para impactar positivamente a vida de seus clientes?

2. No segundo momento, busca-se identificar a representação da situação-problema da cadeia produtiva do biodiesel no MATOPIBA e Conhecer a influência do sistema de interesse da matéria-prima em relação a produção de biodiesel na região com as seguintes questões:

- a) Segundo a Embrapa (2022) a soja produzida no MATOPIBA representa 11% da produção nacional, por outro lado, segundo a ANP (2021) a soja do MATOPIBA, sendo a principal matéria-prima do biodiesel, responde por 2% da produção de biodiesel. Por que você acha que isso acontece?
- b) Na sua opinião, quais são os tipos de matéria-prima mais competitivos para a produção de biodiesel atualmente? Você vê novas possibilidades para o futuro?
- c) Comente o grau de importância para tornar o biodiesel mais competitivo destacando as forças, fraquezas, oportunidades, e ameaças da Região do MATOPIBA em relação às seguintes questões:
  - Disponibilidade de matéria-prima
  - Processos tecnológicos disponíveis
  - Canais de Distribuição
  - Comércio exterior
  - Política de preços e compras governamentais
  - Políticas fiscais
  - Disponibilidade de mão de obra qualificada,

- Concorrência
  - Ameaças tecnológicas do tipo carro elétrico
  - Linhas de crédito
  - Outros
- d) Qual é a sua visão de futuro sobre o setor de biodiesel no MATOPIBA? Você acha que é possível construir um cenário competitivo no MATOPIBA?
- e) O que precisamos fazer no quesito matéria-prima, tecnologia, política tributária, entre outros para construir esse mais cenário competitivo?