



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DA BAHIA
CENTRO MULTIDISCIPLINAR DE LUÍS EDUARDO MAGALHÃES
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

TARCÍSIO DA CUNHA NOGUEIRA

**ANÁLISE DE FATORES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UM
MODELO DE SIMBIOSE INDUSTRIAL NO OESTE DA BAHIA:
uma análise multicritério através do método PROMETHEE**

LUÍS EDUARDO MAGALHÃES

2025

TARCÍSIO DA CUNHA NOGUEIRA

**ANÁLISE DE FATORES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UM
MODELO DE SIMBIOSE INDUSTRIAL NO OESTE DA BAHIA:
uma análise multicritério através do método PROMETHEE**

Trabalho apresentado a Universidade Federal do Oeste da Bahia – UFOB, Campus CMLEM, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador(a): Prof. Dr. Adriano David Monteiro de Barros

LUÍS EDUARDO MAGALHÃES

2025

FICHA CATALOGRÁFICA

N778 Nogueira, Tarcísio da Cunha.

Análise de fatores para a implementação de um modelo de simbiose industrial no oeste da Bahia: uma análise multicritério através do método PROMETHEE / Tarcísio da Cunha Nogueira. – 2025.

47 f.; il. color.

Orientador: Prof. Me. Adriano David Monteiro de Barros.

Trabalho de Conclusão de Curso: (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Oeste da Bahia. Centro Multidisciplinar de Luís Eduardo Magalhães, Luís Eduardo Magalhães, BA, 2025.

1. Economia circular. 2. Simbiose industrial. 3. Agroindústria – Bahia, região oeste da.

I. Barros, Adriano David Monteiro de. II. Universidade Federal do Oeste da Bahia – Centro Multidisciplinar de Luís Eduardo Magalhães. III. Título.

CDD: 658.503

BIBLIOTECAS UFOB - Biblioteca Universitária de Luís Eduardo Magalhães

:

TARCÍSIO DA CUNHA NOGUEIRA

**ANÁLISE DE FATORES PARA A IMPLEMENTAÇÃO DE UM
MODELO DE SIMBIOSE INDUSTRIAL NO OESTE DA BAHIA:
uma análise multicritério através do método PROMETHEE**

Trabalho apresentado a Universidade Federal do Oeste da Bahia – UFOB, Campus CMLEM, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador(a): Prof. Dr. Adriano David Monteiro de Barros

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Adriano David Monteiro de Barros (orientador)
Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB

Prof. Dr. Armando Dias Duarte
Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB

Prof. Dr. Bruno Trindade Reis
Universidade Federal do Oeste da Bahia - UFOB

(A versão assinada deste documento encontra-se com a coordenação do curso)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por permitir concluir essa jornada na qual passei por tantas lutas e momentos de fraqueza. Sem ele, jamais teria chegado até aqui.

Agradeço minha família, agradeço a minha mãe Sandra e meu pai Jaílson, que sempre fizeram questão de me cobrir de apoio e carinho e que sempre foram minha base nessa jornada. Agradeço também aos meus irmãos Elvis, Thais e Caio, que fazem muita falta no meu dia a dia. Aos meus avós maternos, Salvelina e Aristeu. Ao meu avô paterno, falecido, Caio, e muito especial a minha avó paterna “Carminha”, que imensa foi a felicidade ao saber que seu neto iria estudar longe para ser engenheiro e, infelizmente, não se encontra mais em vida.

Um agradecimento muito especial a minha companheira Sarah, que desde 2023, deixou meus dias mais leves, sempre me motivou e foi meu aconchego nos momentos difíceis, principalmente no período em que estive exausto e desanimado na reta final do curso.

Em especial, agradeço a meu orientador Prof. Dr. Adriano David Monteiro de Barros, que além de meu orientador de TCC, foi desde 2020, meu orientador de pesquisa no Núcleo de Engenharia de Produção e Performance Organizacional – NEPPO, e que desde então, foi sempre minha sombra para me lembrar de entregar meus estudos, mas que também sempre foi um grande amigo em conselhos, sejam eles acadêmicos ou não.

Agradeço o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), que por meio do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica 2022-2023 da Universidade Federal do Oeste da Bahia, tornou esta pesquisa possível.

Agradeço a todo o corpo docente e servidores da UFOB, que foram fundamentais na minha formação e de meus colegas de curso. Em especial, um agradecimento aos meus professores Leonardo Rospi e Bruno Trindade, que desde início de minha graduação sempre tive muito respeito e amizade e ao professor Armando Dias, pela participação na minha formação.

Por fim, agradeço a todos os amigos e colegas que fiz na UFOB, que estiveram na luta comigo para sair desta árdua jornada.

RESUMO

A Simbiose Industrial (SI) é uma estratégia baseada na colaboração entre empresas para a troca de resíduos, subprodutos, energia e informações, promovendo um modelo mais sustentável de produção e consumo. Na região oeste da Bahia, a viabilidade da implementação da SI ainda é pouco explorada, sendo necessário compreender quais fatores atuam como facilitadores e quais representam barreiras para sua adoção. Este estudo teve como objetivo analisar os fatores que influenciam a implementação da SI na região, utilizando o método de sobreclassificação PROMETHEE II para avaliar criticamente os diferentes aspectos envolvidos no processo. Os resultados revelaram que os principais facilitadores da SI na região são os fatores tecnológicos, como infraestrutura e mão de obra qualificada, e os fatores políticos, incluindo legislações e normas técnicas que incentivam a gestão de resíduos. No entanto, barreiras informacionais e econômicas foram identificadas como os maiores desafios para a consolidação desse modelo. A falta de comunicação entre empresas, a desconfiança no compartilhamento de informações e a baixa participação de universidades e centros de pesquisa dificultam o estabelecimento de conexões e sinergias produtivas. Além disso, muitas empresas não percebem benefícios financeiros na adoção da SI, o que reforça a necessidade de incentivos governamentais, como subsídios e benefícios fiscais, para estimular essa prática. O estudo também destaca que cooperativas, associações e universidades podem desempenhar um papel essencial na superação das barreiras informacionais, atuando como intermediárias para facilitar a troca de conhecimento e promover parcerias estratégicas. Com base nesses resultados, sugere-se que pesquisas futuras aprofundem a análise sobre os fluxos de materiais e resíduos na região, identifiquem os principais desafios enfrentados pelas instituições acadêmicas na colaboração com o setor produtivo e explorem maneiras de utilizar os fatores facilitadores para mitigar as barreiras existentes. Além disso, destaca-se a importância da regulação de resíduos perigosos, que pode representar tanto um desafio quanto uma oportunidade para a estruturação da SI. Dessa forma, este estudo contribui para a ampliação do conhecimento sobre a viabilidade da implementação de um modelo de Simbiose Industrial no oeste da Bahia e reforça a necessidade de estratégias integradas entre governo, setor produtivo e acadêmicas para a consolidação desse modelo sustentável.

Palavras-chave: Simbiose Industrial; Gestão de Resíduos; Oeste da Bahia; PROMETHEE; Políticas Públicas.

ABSTRACT

Industrial Symbiosis (IS) is a strategy based on collaboration between companies to exchange waste, byproducts, energy and information, promoting a more sustainable model of production and consumption. In the western region of Bahia, the feasibility of implementing IS is still little explored, and it is necessary to understand which factors act as facilitators and which represent barriers to its adoption. This study aimed to analyze the factors that influence the implementation of IS in the region, using the PROMETHEE II overclassification method to critically evaluate the different aspects involved in the process. The results revealed that the main facilitators of IS in the region are technological factors, such as infrastructure and skilled labor, and political factors, including legislation and technical standards that encourage waste management. However, informational and economic barriers were identified as the greatest challenges to the consolidation of this model. The lack of communication between companies, distrust in information sharing and the low participation of universities and research centers make it difficult to establish productive connections and synergies. Furthermore, many companies do not perceive financial benefits in adopting SI, which reinforces the need for government incentives, such as subsidies and tax benefits, to encourage this practice. The study also highlights that cooperatives, associations, and universities can play an essential role in overcoming information barriers, acting as intermediaries to facilitate the exchange of knowledge and promote strategic partnerships. Based on these results, it is suggested that future research should deepen the analysis of material and waste flows in the region, identify the main challenges faced by academic institutions in collaborating with the productive sector, and explore ways to use enabling factors to mitigate existing barriers. In addition, the importance of regulating hazardous waste is highlighted, which can represent both a challenge and an opportunity for structuring SI. In this way, this study contributes to expanding knowledge about the feasibility of implementing an Industrial Symbiosis model in western Bahia and reinforces the need for integrated strategies between government, productive sector, and academia to consolidate this sustainable model.

Keywords: Industrial Symbiosis; Waste Management; West of Bahia; PROMETHEE; Public Policies.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2.	OBJETIVOS.....	14
2.1.	Objetivo geral.....	14
2.2.	Objetivos específicos.....	14
3.	JUSTIFICATIVA.....	14
4.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
4.1.	Economia Circular.....	16
4.2.	Simbiose Industrial.....	17
4.2.1.	Avaliação de práticas de Simbiose Industrial: barreiras, facilitadores e fatores relacionados	18
4.4.	Teoria dos <i>Stakeholders</i> : um olhar através dos aspectos socioambientais.....	20
4.5.	Análise Multicritério de Apoio à Decisão.....	22
4.6.	Sobreclassificação pelo método PROMETHEE.....	23
5.	METODOLOGIA.....	25
5.1.	Classificação da pesquisa.....	25
5.2.	Caracterização do ambiente de estudo.....	26
5.3.	Procedimentos.....	27
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	30
6.1.	Aspectos gerais da cadeia produtiva.....	30
6.2.	Análise dos fatores.....	33
6.2.1.	Cenário 1: ranqueamento dos fatores segundo os Stakeholders.....	33
6.2.2.	Cenário 2: Aplicação do Método PROMETHEE II.....	35
6.2.4.	Barreiras e facilitadores identificados na região.....	40
6.2.5.	Direcionamento de pesquisas futuras.....	42
7.	CONCLUSÕES.....	43
	REFERÊNCIAS.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Estrutura de análise das inter-relações de SI: esferas e domínios.....	20
Figura 2: Fluxograma de trabalho.	29
Figura 3: Tabela de fluxo líquido (à esquerda) e gráfico de fluxo líquido (à direita) do cenário 2.	38

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: <i>commodities</i> diretamente citadas pelos <i>Stakeholders</i>	30
Gráfico 2: Relação entre compra, venda e troca de resíduos.....	31
Gráfico 3: Tipos de resíduos gerados citados no questionário.	32
Gráfico 4: Destino dos resíduos orgânicos citados no questionário.....	32
Gráfico 5: destino dos resíduos inorgânicos citados no questionário.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Critérios gerais para o PROMETHEE.....	24
Quadro 2: escalas atribuídas no questionário aos <i>Stakeholders</i>	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fatores e resultados do questionário aos <i>Stakeholders</i>	29
Tabela 2: <i>Ranking</i> médio dos fatores.	33
Tabela 3: Avaliação dos Especialistas.....	36
Tabela 4: Matriz de critérios.....	37

1.INTRODUÇÃO

A busca por soluções econômicas e sustentáveis para os impactos ambientais do desenvolvimento industrial tornou-se indispensável nos últimos anos. De acordo com Tanveer *et al.* (2022), a crescente geração de resíduos, mudanças climáticas e pressões ambientais tem levado organizações de todos os setores a repensarem suas práticas e a adotarem abordagens mais responsáveis. Nesse contexto, a Simbiose Industrial (SI) surge como uma abordagem eficaz, promovendo a mudança de uma economia linear para uma Economia Circular (EC), otimizando o uso de recursos e reduzindo desperdícios.

Embora comprovada a sua eficácia em vários estudos presentes na literatura, a SI ainda é um tema com uma grande margem de crescimento. Segundo Neves *et al.* (2019), o potencial da Simbiose Industrial é constantemente estudado por diversos países onde ela é ainda pouco praticada ou ausente, estudando por exemplo, o uso de indicadores ambientais e várias métricas relacionadas a consumo de matéria-prima e descarte de resíduos.

Quando relacionado a países emergentes, como o caso do Brasil e da China, Boom-Cárcamo e Peñabaena-Niebles (2022) identificaram diversos impulsionadores que podem favorecer a implementação, como por exemplo, redução de necessidade de matéria-prima, obtenção de resultados financeiros positivos e cumprimento de regulamentações ambientais. Entretanto, algumas barreiras foram identificadas, como por exemplo, o desconhecimento do mercado de resíduos, a falta de inovação no setor e a alta confidencialidade entre as empresas.

Nesse contexto, a necessidade de explorar as particularidades de cada setor e região é citada como fundamental para desenvolvimento de uma proposta de implementação de um modelo de Simbiose Industrial. Além disso, Castellet-Viciano *et al.* (2022) citam a importância de seguir alguns parâmetros, dentre eles, a análise contextual da região do projeto e a coleta de dados, identificando os principais resíduos gerados e seu destino final.

Ao analisar o desenvolvimento das publicações científicas sobre SI, Nogueira e Barros, (2024) evidenciam a expansão da aplicação da Simbiose Industrial para diversos setores, incluindo a agricultura. No Brasil, o setor agropecuário, impulsionado pela alta produção de soja, é de grande importância econômica, tendo contribuído junto com a indústria para o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB) em 2023 (BRASIL, 2024). Assim, a investigação sobre a implementação de modelos de SI no setor agroindustrial é relevante, considerando o potencial benéfico que o sistema pode oferecer quando bem executado.

Diante da relevância do agronegócio para a economia brasileira e do potencial da SI para promover práticas mais sustentáveis, este trabalho visa analisar a implantação de um modelo de Simbiose Industrial no setor agroindustrial, com foco na mesorregião extremo oeste

do estado da Bahia. Essa região, de acordo com a Secretaria da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura do Estado da Bahia (SEAGRI) é referência internacional e líder nacional em produtividade de soja por hectare, tornando-a cenário ideal para a aplicação de estratégias que visem a sustentabilidade (SEAGRI, 2021). Como ferramenta auxiliar de análise, o estudo empregará a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão, utilizando o método PROMETHEE para avaliar e classificar os fatores citados na literatura junto com os dados coletados oriundos dos *Stakeholders* do agronegócio na região.

2.OBJETIVOS

O presente trabalho apresenta os seguintes objetivos:

2.1.Objetivo geral

Analisar os fatores que influenciam a implementação de um modelo de Simbiose Industrial no oeste da Bahia, Brasil.

2.2.Objetivos específicos

1. Mapear os principais participantes da cadeia do agronegócio da região do oeste da Bahia;
2. Avaliar os fatores que influenciam na implementação de um modelo de Simbiose Industrial na região através do método PROMETHEE II, classificando-os como facilitadores ou barreiras para implementação de um modelo de SI na região.

3.JUSTIFICATIVA

A geração de resíduos industriais é um dos principais desafios enfrentados pelo agronegócio contemporâneo, contribuindo significativamente para a degradação ambiental e o esgotamento de recursos naturais. O setor agroindustrial, devido à sua escala e complexidade, gera uma quantidade substancial de resíduos orgânicos e inorgânicos, que, se não forem geridos de maneira eficaz, podem resultar em impactos ambientais adversos, como a contaminação do solo e da água, além de emissões de gases de efeito estufa (Maksym *et al.*, 2024).

A Simbiose Industrial tem emergido como um dos principais caminhos para a transição sustentável de sistemas produtivos, promovendo um modelo mais eficiente e colaborativo na gestão de recursos. Fundamentada nos princípios da Economia Circular (EC), a SI estimula a cooperação entre empresas e indústrias para reduzir desperdícios, otimizar fluxos de materiais e mitigar impactos ambientais (Baldassarre *et al.*, 2019).

O Oeste da Bahia destaca-se como um dos principais polos do agronegócio nacional, sendo responsável por uma parcela significativa da produção de soja, milho, algodão e outras *commodities* agrícolas. De acordo com Domenech *et al.* (2019), o crescimento deste tipo atividade econômica tem sido acompanhado por impactos ambientais significativos, como a degradação do solo, o consumo intensivo de água e a geração de resíduos orgânicos e químicos em grande escala.

Além do setor agrícola, a implementação da SI no Oeste da Bahia pode beneficiar indústrias de transformação e manufatura, promovendo uma maior integração entre diferentes setores. Estudos demonstram que polos industriais interconectados tendem a apresentar maior eficiência na utilização de recursos, reduzindo custos operacionais e aumentando a competitividade econômica das empresas envolvidas (Cecchin *et al.*, 2020). Contudo, a transição para esse modelo exige políticas públicas estruturadas, incentivos financeiros e um forte engajamento do setor privado, elementos que ainda são incipientes na região. Dessa forma, este estudo se propõe a identificar quais fatores favorecem ou dificultam a implementação da SI, fornecendo subsídios para o desenvolvimento de diretrizes estratégicas que possam orientar políticas locais de incentivo à circularidade.

A metodologia empregada, baseada no método PROMETHEE para análise multicritério, oferece uma ferramenta robusta para a hierarquização de fatores críticos associados à viabilidade da SI. Ao comparar diferentes cenários, este estudo não apenas fornece um panorama da percepção dos *Stakeholders* locais, mas também permite avaliar a influência relativa de cada fator na estruturação da Simbiose Industrial. A aplicação dessa metodologia representa uma orientação para pesquisas futuras, pois cria um modelo replicável para outras regiões com características semelhantes, permitindo que pesquisadores utilizem os resultados como base para estudos mais aprofundados sobre desenvolvimento sustentável regional.

Outro aspecto é contribuição para o aprimoramento da governança ambiental e industrial, pois a Simbiose Industrial não se limita apenas ao reaproveitamento de resíduos, mas também exige novos arranjos institucionais, investimentos em tecnologia e mudanças nos padrões de consumo e produção (Scafà; Marconi; Germani, 2018). Dessa forma, este estudo poderá orientar futuras pesquisas sobre modelos de governança colaborativa, analisando o papel das redes empresariais, associações e órgãos governamentais na viabilização da economia circular. Além disso, os dados coletados poderão servir como base para avaliações de impacto ambiental e econômico, permitindo a elaboração de estratégias para redução das emissões de carbono e fortalecimento da economia regional.

Por fim, este estudo não apenas contribui para o entendimento da Simbiose Industrial, mas também orienta pesquisas futuras voltadas à implementação de práticas que impulsionam a sustentabilidade no setor agroindustrial, especialmente, no Oeste da Bahia. A partir dos resultados obtidos, novas investigações podem aprofundar a análise de barreiras e facilitadores da SI em diferentes setores, bem como avaliar o impacto de incentivos financeiros, regulatórios e tecnológicos na ampliação dessas práticas e impulsionar práticas de compartilhamento de informações entre organizações.

4.REFERENCIAL TEÓRICO

Os próximos tópicos apresentam os conceitos fundamentais para compreensão e embasamento teórico do estudo.

4.1.Economia Circular

A EC configura-se como um modelo econômico disruptivo que subverte o paradigma linear tradicional de "extrair-produzir-descartar", propondo uma ressignificação estrutural dos processos produtivos mediante estratégias de minimização, reutilização, reciclagem e recuperação de materiais (Prieto-Sandoval *et al.*, 2018) Fundamentada nos princípios da sustentabilidade, essa abordagem busca otimizar ciclos de produção, distribuição e consumo, promovendo uma integração sistêmica entre eficiência ambiental, viabilidade econômica e dinâmicas de interação socioeconômica, com vistas a mitigar impactos entrópicos nos sistemas produtivos contemporâneos (Geissdoerfer *et al.*, 2017; Kirchherr; Reike; Hekkert, 2017).

Ao diminuir a intensidade da exploração de recursos naturais, a EC contribui para evitar o esgotamento de matérias-primas e reduzir os impactos ambientais decorrentes das atividades extrativistas. Além disso, ao promover o uso prolongado de produtos, diminui-se a quantidade de resíduos enviados para aterros, atenuando os efeitos adversos sobre o solo e a água. Outro ponto importante é a contribuição para a mitigação das mudanças climáticas, uma vez que práticas circulares tendem a resultar em menores emissões de gases de efeito estufa (Liu; Guo; Guo, 2019).

A adoção de deste modelo na gestão de resíduos sólidos pode gerar impactos positivos significativos. De acordo com Fatimah *et al.* (2020), a gestão eficaz de resíduos pode funcionar como um ponto de partida estratégico, transformando resíduos em insumos essenciais para processos produtivos. A proposta de um sistema sustentável de gestão de resíduos, utilizando tecnologias da Indústria 4.0, ressalta a importância de práticas como a coleta seletiva e a triagem para maximizar a recuperação de materiais. Ao integrar a economia circular nessas práticas, é

possível não apenas mitigar problemas ambientais, mas também gerar benefícios econômicos e sociais, promovendo uma comunidade mais integrada e sustentável.

Além dos impactos ambientais positivos, a economia circular também oferece benefícios econômicos e sociais significativos, impulsionando a criação de empregos em setores relacionados à reciclagem, logística reversa e manufatura sustentável (Murthy; Ramakrishna, 2022). A transição para um modelo econômico mais sustentável pode gerar um impacto econômico positivo ao reduzir custos de produção e estimular a inovação industrial. No entanto, essa mudança exige investimentos em infraestrutura, políticas públicas eficazes e maior conscientização da sociedade, de modo que os benefícios sejam distribuídos de maneira equitativa e inclusiva (Parajuly *et al.*, 2020).

A comparação entre diferentes abordagens dentro da economia circular é essencial para compreender o impacto de cada estratégia e ajustar as políticas conforme as necessidades locais e setoriais. A transição bem-sucedida para esse modelo requer uma abordagem multissetorial e colaborativa, envolvendo governos, empresas, pesquisadores e a sociedade civil (Salmenperä *et al.*, 2021). Estudos indicam que países que adotaram políticas robustas de economia circular observaram reduções expressivas nos volumes de resíduos, aumento na taxa de reciclagem e melhorias na eficiência energética, demonstrando que a implementação dessa estratégia pode trazer benefícios duradouros para a sustentabilidade global (Hossain *et al.*, 2022).

Dessa forma, a economia circular representa uma abordagem inovadora e essencial para a gestão de resíduos sólidos e o uso eficiente dos recursos naturais. Sua implementação não apenas minimiza os impactos ambientais, mas também estimula a inovação e a geração de valor econômico, promovendo um modelo mais resiliente e sustentável (Prieto-Sandoval *et al.*, 2018). No entanto, sua consolidação requer esforços contínuos, alinhamento entre *Stakeholders* e o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem a transição para práticas mais sustentáveis e regenerativas (de Jesus; Mendonça, 2018).

4.2.Simbiose Industrial

De acordo com Chertow (2000), a Simbiose Industrial tem seus princípios na logística ambiental e é composta por um sistema de indústrias que buscam vantagens competitivas através de trocas de materiais, energia, insumos, subprodutos etc. A troca de resíduos entre indústrias, de acordo com Fraccascia e Giannoccaro (2020) pode substituir matérias-primas na fabricação de novos produtos e, conseqüentemente, reduzir o consumo de insumos primários, contribuindo para a criação de benefícios ambientais.

De acordo com Chertow (2007) a Simbiose Industrial possui algumas limitações que podem torná-la inviável, como por exemplo, o baixo fluxo de materiais na cadeia produtiva e o risco financeiro que as indústrias poderiam enfrentar, visto que em maioria das situações seria necessária uma mudança de fluxo de materiais (tornando-a fechada). Com isso, vários modelos de análise de viabilidade em projetos de Simbiose Industrial são testados na literatura científica, apresentando propostas variadas para conseguir vencer as barreiras observadas.

De acordo com Yang *et al.* (2022), diversas barreiras podem comprometer a viabilidade de uma proposta de SI. Tais barreiras podem ser observadas a níveis governamentais, como a falta de oportunidades de uso de resíduos devido a regulamentações locais; econômicas, como o custo de transporte e armazenamento de materiais; tecnológicas, como a dificuldade em obtenção de tecnologias de recuperação de subprodutos; organizacionais, como a incapacidade das indústrias alterarem as ligações de materiais; e informativas, como por exemplo, a dificuldade dos gerentes de negócios terem acesso às informações de indústrias vizinhas.

4.2.1. Avaliação de práticas de Simbiose Industrial: barreiras, facilitadores e fatores relacionados

A SI enfrenta diversas barreiras que dificultam sua implementação, principalmente relacionadas às limitações regulatórias e burocráticas. Muitas vezes, as normas ambientais são rígidas ou ambíguas, gerando incertezas jurídicas e desincentiva empresas a explorarem sinergias produtivas. Isso é particularmente evidente em regiões onde as regulamentações não foram adaptadas para lidar com fluxos de resíduos industriais como recursos reutilizáveis. Segundo Schlüter *et al.* (2022), a complexidade das normas e a falta de clareza na interpretação legal constituem desafios significativos, dificultando a cooperação entre empresas que poderiam se beneficiar da troca de subprodutos.

Além das barreiras regulatórias, a Simbiose Industrial enfrenta obstáculos culturais e organizacionais. Muitas empresas têm receio de compartilhar informações devido ao medo de perder vantagem competitiva. Esse comportamento defensivo é agravado pela falta de confiança mútua, o que dificulta o estabelecimento de parcerias colaborativas (Chertow, 2007). Segundo Pavesi (2021), a ausência de comunicação eficaz e transparência nos processos organizacionais contribui para a resistência cultural, limitando o potencial das sinergias industriais. Assim, o desafio não está apenas na viabilidade técnica, mas também na superação de barreiras sociais e culturais profundamente enraizadas.

Os desafios econômicos também desempenham um papel fundamental na limitação da simbiose industrial. Os altos custos iniciais de investimento, somados às incertezas sobre o

retorno financeiro, fazem com que muitas empresas hesitem em adotar práticas de simbiose. Scafà *et al.* (2018) destacam que a percepção de baixo valor econômico dos resíduos e a falta de incentivos financeiros tornam as trocas sinérgicas menos atraentes do ponto de vista comercial. Em muitos casos, os custos logísticos de transporte e processamento de resíduos superam os benefícios econômicos, o que desestimula a participação de empresas, especialmente as de pequeno e médio porte.

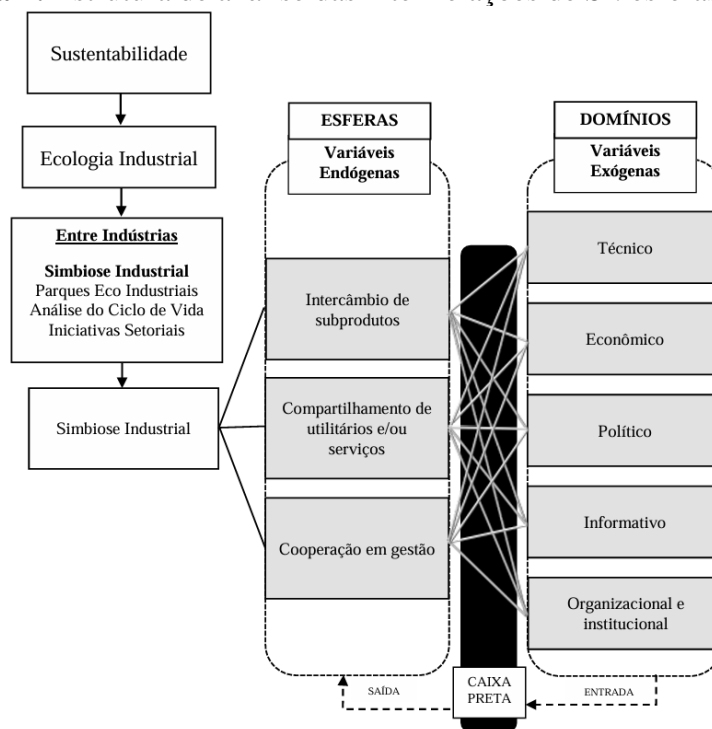
Outra barreira importante está relacionada aos desafios técnicos e de infraestrutura. A falta de tecnologia adequada e a inexistência de uma infraestrutura robusta para o gerenciamento de resíduos dificultam a integração eficiente dos sistemas industriais. De acordo com Yang *et al.* (2022), a falta de padronização e a incompatibilidade técnica entre processos produtivos são barreiras críticas, o que torna complexo o compartilhamento de recursos como energia, água ou subprodutos, limitando o escopo das trocas industriais. Assim, a ausência de uma infraestrutura adequada e a falta de inovação tecnológica são entraves significativos para a expansão da Simbiose Industrial.

Apesar dessas barreiras, existem facilitadores importantes que podem impulsionar a Simbiose Industrial. As políticas públicas e as estruturas de governança favoráveis desempenham um papel crucial na superação de barreiras regulatórias. Intervenções governamentais, como incentivos fiscais, subsídios e flexibilização regulatória, podem criar um ambiente mais propício à colaboração das organizações (Salmenperä *et al.*, 2021). Södergren e Palm (2021) ressaltam que políticas integradas e suporte governamental ajudam a mitigar os riscos financeiros e estimulam a inovação nas redes de simbiose. Dessa forma, a formulação de políticas públicas alinhadas com os objetivos da economia circular é essencial para promover a adoção da SI.

Segundo Saraceni *et al.* (2017), para avaliar o estágio de evolução da Simbiose Industrial, é essencial identificar as principais relações envolvidas e o grau de importância de cada uma delas nos domínios fundamentais que definem essa prática. A estrutura de análise para o diagnóstico das relações básicas da Simbiose Industrial consiste em observar fenômenos como intercâmbio de subprodutos, compartilhamento de utilitários e serviços, e cooperação em gestão, além de fatores técnicos, econômicos, políticos, informacionais, organizacionais e institucionais. Esses elementos estão diretamente relacionados com a Simbiose Industrial, sendo que alguns podem ser controlados pela rede de empresas, enquanto outros dependem do comportamento individual das organizações ou são influenciados por fatores macroeconômicos, a nível nacional e internacional.

Saraceni *et al.* (2017) explica que o fenômeno de Simbiose Industrial ocorre em uma “caixa preta” (Figura 1) cujo mecanismo de causação é invisível, embora seja possível observar seus efeitos. Assim, para compreender e avaliar o nível de evolução da Simbiose Industrial, é necessário identificar o grau de importância das três principais esferas de relações em cada um dos domínios relevantes. Esse entendimento permite não só o diagnóstico do estágio atual, mas também o planejamento estratégico para o desenvolvimento de práticas simbióticas de forma eficiente e alinhada às dinâmicas econômicas e organizacionais.

Figura 1: Estrutura de análise das inter-relações de SI: esferas e domínios.



Fonte: Saraceni (2014), p. 50.

4.4. Teoria dos Stakeholders: um olhar através dos aspectos socioambientais

A teoria dos *Stakeholders*, introduzida Freeman (1984), define que as organizações devem considerar não apenas os acionistas, mas todos os grupos afetados por suas atividades. Essa abordagem amplia a responsabilidade corporativa, incluindo aspectos ambientais, sociais e de governança (ESG), fundamentais para a sustentabilidade dos negócios a longo prazo (Freeman *et al.*, 2010). À medida que as empresas enfrentam desafios relacionados às mudanças climáticas, escassez de recursos e expectativas sociais, a integração da Teoria dos *Stakeholders* na estratégia organizacional torna-se uma ferramenta essencial para o desenvolvimento do mercado.

No contexto da sustentabilidade, a teoria dos *Stakeholders* argumenta que as empresas não podem operar isoladamente, ignorando os impactos ambientais de suas atividades. Harrison e Wicks (2013) destacam que a criação de valor para *Stakeholders* deve ir além dos aspectos financeiros, abrangendo práticas que minimizem impactos ambientais negativos e promovam benefícios para a sociedade. Essa perspectiva está alinhada com a crescente demanda por políticas ESG, nas quais organizações são cobradas pelo mercado para adotar medidas concretas de preservação ambiental e responsabilidade social.

A governança corporativa também é um aspecto central da Teoria dos *Stakeholders*, especialmente no que diz relacionado a transparência e ética empresarial, visto que a adoção de um modelo de governança baseado na teoria contribui para a confiança entre *Stakeholders*, reduzindo riscos relacionados a reputação e fortalecendo o compromisso com práticas ESG (Donaldson; Preston, 1995).

Freeman (1999) argumenta que empresas que dialogam ativamente com seus *Stakeholders* são mais propensas a inovar em processos e produtos ecologicamente responsáveis. Essa abordagem permite a criação de soluções sustentáveis, como cadeias de suprimentos circulares e modelos de economia de baixo carbono, garantindo não apenas conformidade regulatória, mas também vantagens competitivas.

A abordagem ESG também se reflete na forma como as empresas lidam com os impactos sociais de suas operações. Phillips, Freeman e Wicks (2017) reforçam que uma empresa que adota a Teoria dos *Stakeholders* não se limita ao lucro imediato, mas considera os interesses de trabalhadores, comunidades e clientes. Em setores como a indústria química e a mineração, por exemplo, a adoção de práticas sustentáveis pode reduzir danos ambientais e garantir a licença social para operar, um fator crítico para a longevidade dos negócios.

A transição para modelos de negócios sustentáveis exige um novo paradigma de liderança, no qual os gestores reconhecem a interdependência entre empresa e sociedade. Freeman, Phillips, Sisodia (2020) apontam que a implementação da Teoria dos *Stakeholders* nas estratégias organizacionais promove um impacto positivo no desempenho corporativo, pois gera relações mais sólidas e colaborativas. Empresas que valorizam práticas ESG não apenas mitigam riscos ambientais e sociais, mas também fortalecem sua reputação e atraem talentos alinhados com seus valores.

Por fim, à medida que as preocupações ambientais se intensificam e as regulamentações ESG se tornam mais rígidas, a Teoria dos *Stakeholders* se consolida como um modelo essencial para a governança corporativa moderna. Como observado por Donaldson e Preston (1995), a adoção dessa abordagem não é apenas uma questão de ética empresarial, mas sim um fator

crítico para a sobrevivência e o crescimento das organizações. Empresas que integram a sustentabilidade em suas decisões não apenas criam valor para seus *Stakeholders*, mas também garantem um futuro mais equilibrado para a sociedade e o meio ambiente.

4.5. Análise Multicritério de Apoio à Decisão

Vincke (1992) define um problema de decisão multicritério como uma situação em que, dado um conjunto de alternativas A e um conjunto de critérios F , o tomador de decisão busca: selecionar um subconjunto de alternativas consideradas as melhores dentro de A (problema de escolha); classificar as alternativas em categorias previamente estabelecidas, utilizando regras específicas para o conjunto A , caracterizando um problema de classificação; ou organizar as alternativas de A em uma ordem de preferência, do melhor para o pior, caracterizando um problema de ordenação.

Diversos métodos foram criados para apoiar a tomada de decisões em cenários multicritério. Segundo Roy (1985), esses métodos podem ser classificados em: (a) métodos de síntese de critério único; (b) métodos de sobreclassificação; e (c) métodos iterativos, que envolvem cálculos iterativos e diálogo com os decisores, oferecendo soluções de compromisso progressivas, o que possibilita incorporar informações adicionais sobre as preferências dos tomadores de decisão.

Na abordagem de critério único de síntese, diferentes perspectivas são agregadas em uma única função que, posteriormente, é otimizada. Dentro dessa categoria, destaca-se a teoria da utilidade multiatributo, conhecida como *Multi-Attribute Utility Theory* (MAUT), conforme proposto por Keeney e Raiffa (1976). Por outro lado, a abordagem busca construir e analisar uma relação chamada de sobreclassificação, que reflete as preferências dos decisores. As principais famílias de métodos dessa abordagem são o *Preference Ranking Organization Method For Enrichment Evaluation* (PROMETHEE) (Brans; Vincke; Marechal, 1984) e o *Elimination and Choice Translating Algorithm* (ELECTRE) (Vincke, 1992).

Os métodos multicritério também pode ser categorizados conforme o papel das constantes em suas funções de agregação. Quando essas constantes refletem *trade-offs* entre critérios, os métodos são considerados compensatórios, o que significa que um desempenho ruim em um critério pode ser equilibrado por um desempenho superior em outro. Nesses casos, as constantes são denominadas constantes de escala. Em contrapartida, quando as constantes indicam apenas a importância relativa dos critérios, os métodos são classificados como não compensatórios, utilizando o termo "peso" para essas constantes. Nos métodos não compensatórios, não há *trade-offs* entre os critérios, de forma que um desempenho insatisfatório

em um critério não pode ser compensado por um desempenho superior em outro (Almeida; Costa, 2002).

Os métodos baseados em relações de sobreclassificação são classificados como não compensatórios. No caso dos métodos PROMETHEE, uma vantagem significativa é a facilidade de compreensão dos conceitos e parâmetros pelos decisores, o que simplifica o processo de modelagem das preferências e aumenta a eficácia da aplicação desses métodos multicritério. Esse atributo torna o método mais acessíveis quando comparados a outros métodos de sobreclassificação, como a família ELECTRE (Silva; Morais; Almeida, 2010).

4.6. Sobreclassificação pelo método PROMETHEE

O início dos métodos PROMETHEE consiste em uma matriz que avalia as alternativas em relação a um determinado conjunto de critérios. Após isso, uma função de preferência é associada a cada critério. Essa função define como a preferência do decisor varia com a diferença entre os desempenhos de duas alternativas, $g_j(a) - g_j(b)$ onde g é o desempenho de cada alternativa no critério j (Almeida; Costa, 2002). Dada uma determinada função de preferência, a intensidade de preferência de uma alternativa sobre outra com relação um critério j , é representada por $F(a, b)$. A intensidade de preferência deve ser calculada para cada par de alternativas, considerando todos os critérios (Almeida; Costa, 2002). Para a função tipo I, $F(a, b)$ assume os valores binários. As demais funções $F(a, b)$ podem assumir qualquer valor no intervalo $[0,1]$, implicando em uma relação de preferência *fuzzy*, que permite incorporar aspectos de incerteza no julgamento dos decisores.

O próximo passo é determinar o índice de preferência para cada par de alternativas, que é dado pela agregação das intensidades de preferências determinadas para todos os critérios, referente ao respectivo par de alternativas. A agregação é feita por uma soma, ponderada pelos pesos atribuídos aos critérios (Brans; Vincke; Marechal, 1984):

$$\pi(a, b) = \frac{1}{P} \sum_{j=1}^n p_j F_j(a, b) \quad Eq. 01$$

Em que:

$$P = \sum_{j=1}^n p_j \quad Eq. 02$$

De acordo com Almeida e Costa (2002), as alternativas são ordenadas da seguinte forma:

Em ordem decrescente de $\Phi^+(a)$, no qual $\Phi^+(a) = \sum \pi(a, b)$, chamado de fluxo de saída. Representa a intensidade de preferência sobre todas as alternativas. Quanto maior o resultado, melhor a alternativa.

Em ordem crescente de $\Phi^-(a)$, no qual $\Phi^-(a) = \sum \pi(a, b)$, chamado de fluxo de entrada. Representa a intensidade de preferência de todas as alternativas sobre a . Quanto menor o resultado, melhor a alternativa.

Quadro 1: Critérios gerais para o PROMETHEE.

1: Critério usual não há parâmetro a ser definido.	$g_j(a) - g_j(b) > 0$ $g_j(a) - g_j(b) \leq 0$	$F(a, b) = 1$ $F(a, b) = 0$
2: Quase-critério define-se o parâmetro q (limite de indiferença).	$g_j(a) - g_j(b) > q$ $g_j(a) - g_j(b) \leq q$	$F(a, b) = 1$ $F(a, b) = 0$
3: Limite de preferência define-se o parâmetro p (limite de preferência).	$g_j(a) - g_j(b) > p$ $g_j(a) - g_j(b) \leq p$ $g_j(a) - g_j(b) \leq 0$	$F(a, b) = \frac{(g_j(a) - g_j(b))}{p}$ $F(a, b) = 0$
4: Pseudocritério definem-se os parâmetros q (limite de indiferença) e p (limite de preferência).	$ g_j(a) - g_j(b) > p$ $q < g_j(a) - g_j(b) \leq p$ $ g_j(a) - g_j(b) \leq q$	$F(a, b) = 1$ $F(a, b) = 1/2$ $F(a, b) = 0$
5: Área de indiferença definem-se os parâmetros q (limite de indiferença) e p (limite de preferência).	$ g_j(a) - g_j(b) > p$ $q < g_j(a) - g_j(b) \leq p$ $ g_j(a) - g_j(b) \leq q$	$F(a, b) = 1$ $F(a, b) = \frac{ g_j(a) - g_j(b) - q}{p - q}$ $F(a, b) = 0$
6: Critério Gaussiano (desvio-padrão deve ser fixado).	$g_j(a) - g_j(b) > 0$ $g_j(a) - g_j(b) \leq 0$	<i>A preferência aumenta segundo uma distribuição normal</i> $F(a, b) = 0$

Fonte: Almeida e Costa (2002), p. 205.

De acordo com Almeida e Costa (2002), as seguintes implementações do PROMETHEE podem ser exploradas:

PROMETHEE I – a interseção entre os fluxos anteriores estabelece uma relação de sobreclassificação parcial entre as alternativas;

PROMETHEE II – classifica as alternativas, estabelecendo uma ordem decrescente de fluxo líquido; estabelece uma ordem completa entre as alternativas. A preferência aumenta segundo uma distribuição normal $F(a, b) = 0$;

PROMETHEE III E IV – foram desenvolvidos para o tratamento de problemas de decisões estocásticas;

PROMETHEE V – nesta implementação, após estabelecer uma ordem completa entre as alternativas através do PROMETHEE II, são introduzidas restrições, identificadas no problema para as alternativas selecionadas, incorporando uma filosofia de otimização inteira.

PROMETHEE VI – utilizado quando o decisor não está apto ou não quer definir precisamente os pesos para os critérios, pode-se especificar intervalos de possíveis valores em lugar de um valor fixo para cada peso.

5.METODOLOGIA

A metodologia está apresentada na seguinte forma: primeiro, classificação do tipo de pesquisa, considerando as tipologias presentes na literatura; segundo, descreve a região em que o estudo foi realizado e; terceiro, descreve os procedimentos das obtenções dos resultados descritos e analisados.

5.1.Classificação da pesquisa

As pesquisas científicas podem ser classificadas de diferentes formas, sendo comum a categorização em quatro dimensões principais: natureza, objetivos, abordagem metodológica e métodos utilizados. A natureza do estudo pode ser básica, voltada ao avanço teórico, ou aplicada, que busca soluções práticas para problemas específicos (Pereira *et al.*, 2018).

Quanto aos objetivos, as pesquisas podem ser exploratórias, descritivas ou explicativas. A exploratória investiga temas pouco conhecidos, gerando hipóteses e identificando variáveis para estudos futuros. A descritiva analisa padrões e características de um fenômeno sem explorar suas causas, enquanto a explicativa investiga relações de causa e efeito, aprofundando a compreensão dos fatores que influenciam determinado fenômeno (Prodanov; Freitas, 2013).

A abordagem metodológica pode ser quantitativa, qualitativa ou mista. A pesquisa quantitativa coleta e analisa dados numéricos para testar hipóteses de forma objetiva, utilizando estatísticas para garantir precisão(Pereira *et al.*, 2018). Já a qualitativa explora percepções e significados subjetivos, sem a intenção de generalizar resultados. A abordagem mista combina ambas, proporcionando uma análise mais abrangente ao integrar dados numéricos e interpretações contextuais (Prodanov; Freitas, 2013).

Dessa forma, a presente pesquisa possui natureza aplicada, pois visa gerar soluções práticas para um problema específico, e tem um objetivo exploratório, uma vez que busca aprofundar o conhecimento sobre o tema, identificar variáveis relevantes e direcionar estudos

futuros. A abordagem adotada é mista, combinando a análise quantitativa dos dados obtidos por meio de formulários e aplicação do método PROMETHEE II com uma investigação qualitativa baseada em publicações científicas sobre o tema. No aspecto quantitativo, os dados são processados para identificar padrões e estabelecer critérios objetivos. No qualitativo, a pesquisa busca interpretar a classificação dos fatores sobreclassificados, analisando seus impactos e propondo direcionamentos para novas investigações, garantindo uma visão ampla e fundamentada do problema estudado.

5.2. Caracterização do ambiente de estudo

A região escolhida para este estudo é a mesorregião extremo oeste do estado da Bahia, Brasil, reconhecida como um dos principais polos do agronegócio brasileiro. Essa área apresenta condições geográficas e climáticas extremamente favoráveis à agricultura. Sua relevância econômica é oriunda de diversas combinações de fatores naturais e tecnológicos que a tornam referência em produtividade e eficiência no setor. Entre os aspectos naturais, destacam-se a topografia predominantemente plana, que favorece o uso de maquinário avançado e práticas modernas de manejo, além das estações bem definidas que facilitam o planejamento agrícola (SEAGRI, 2023).

Um ponto de destaque para a região é a bacia hidrográfica alimentada pelo aquífero Urucuia, que oferece grande potencial para práticas de irrigação, contribuindo para o aproveitamento sustentável do solo e água. A altitude da região, variando entre 750 e 1.000 metros, também é um fator benéfico, criando dias quentes que impulsionam a fotossíntese e noites frescas que favorecem o metabolismo das plantas (SEAGRI, 2023).

Embora a soja seja a *commodity* predominantemente cultivada, a região se diversifica na produção agrícola com alta expressividade em culturas como algodão, milho, feijão, arroz e café (AIBA, 2024). No caso do algodão, a Bahia se destaca como um dos maiores produtores nacionais, colocando a produção local no eixo central da indústria têxtil. É essa variedade de cultivos que garante à região uma base econômica sólida, além de promover a geração e empregos e capacitação, promovendo desenvolvimento social (SEAGRI, 2024).

Outro aspecto que eleva a importância econômica do extremo oeste baiano é sua infraestrutura agroindustrial. Indústrias especializadas no processamento de grãos, beneficiamento de algodão, produção de fertilizantes, biocombustíveis e alimentos embutidos estão estrategicamente localizadas na região. Isso reduz custos logísticos, agrega valor às *commodities* produzidas e dinamiza toda a cadeia econômica local. Além disso, o funcionamento de cooperativas e associações, que oferecem suporte técnico e estrutural aos

produtores rurais, é essencial para melhorar o acesso a crédito, que garante acesso a tecnologias avançadas e boas práticas agrícolas (Nogueira *et al.*, 2023).

A integração econômica regional é enriquecida por uma densa rede de *Stakeholders* abrangendo produtores rurais, indústrias de insumos, centros de pesquisa, empresas de logística e transporte e consultorias especializadas. Esses agentes colaboram em sinergia para consolidar a relevância da mesorregião no cenário nacional e internacional. Além disso, serviços de suporte, como análise de solo, manutenção de equipamentos agrícolas e gestão sustentável, tornam-se peças-chave no aprimoramento contínuo das atividades econômicas.

Dado esse ambiente rico em recursos e potencialidades, o oeste da Bahia apresenta todas as condições para explorar modelos de Simbiose Industrial. A presença de agroindústrias diversificadas, infraestrutura avançada e uma cadeia produtiva consolidada propicia um terreno fértil para a implementação desse tipo de iniciativa. A conversão de subprodutos agrícolas em biocombustíveis, fertilizantes orgânicos ou até mesmo em matéria-prima para outras indústrias são exemplos de como a região poderia explorar ações dentro de um modelo sustentável.

5.3.Procedimentos

O presente estudo apresenta e expande o estudo intitulado “*Industrial Symbiosis model: implementação de indicadores, métricas e medidas no agronegócio da região Oeste da Bahia (PVE1162-2022)*”, realizado pelo autor através do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica 2022-2023 da Universidade Federal do Oeste da Bahia, conforme ilustrado na Figura 02. No estudo, uma análise bibliométrica sobre Simbiose Industrial foi realizada, em que os resultados foram publicados por Nogueira e Barros (2024). Além disso, um questionário foi aplicado aos *Stakeholders* do agronegócio do oeste da Bahia, durante o mês de agosto de 2023. Nele, buscou identificar 3 aspectos importantes da região para fundamentar um modelo de SI na região: (a) caracterização da cadeia produtiva local; (b) realização de trocas, vendas, ou compras de resíduos; (c) indicadores utilizados e; (d) fatores que influenciam em ações relacionadas a troca, venda ou compras de resíduos baseados no estudo realizado por Saraceni (2017).

Todos os fatores analisados foram avaliados em uma escala *Likert* de 3 ou 5 pontos (Quadro 2), no qual os *Stakeholders* avaliaram conforme sua perceptiva relacionada a sua organização e à região. No total foram obtidas 23 respostas, nas quais os resultados encontram-se distribuídos na Tabela 1.

Durante a segunda etapa do estudo, realizou-se a aplicação do método PROMETHEE II através do *software Visual PROMETHEE Academic Edition*®, para sobreclassificar os fatores,

no qual foi possível compreender quais impulsionam a implementação de um modelo de SI na região, sendo considerados facilitadores, e quais são considerados barreiras, devendo então buscar medidas que as contorne. Assim, para fornecer uma análise completa, dois cenários foram analisados e comparados entre si, visando uma análise aprofundada dos fatores e o impacto regional que cada um apresenta.

No Cenário 1, a análise buscou compreender a percepção dos *Stakeholders* sobre os fatores que influenciam a Simbiose Industrial, sem a interferência da atribuição de notas dos especialistas. A sobreclassificação dos fatores foi baseada apenas no *ranking* médio da escala *Likert*, permitindo uma visão neutra e descritiva. Dessa forma, identificaram-se tendências gerais e a forma como os fatores se destacam naturalmente como facilitadores ou barreiras, sem a interferência de critérios externos. Esse cenário serviu como um diagnóstico inicial, fornecendo um panorama amplo da viabilidade da Simbiose Industrial na região.

No Cenário 2, no qual foi aplicado o Método PROMETHEE, os fatores foram ponderados com base em um questionário aplicado a especialistas ambientais, atribuindo um grau de importância relativo a cada um. Essa abordagem permitiu diferenciar fatores que, apesar de muito citados pelos *Stakeholders*, podem ter menor impacto prático, daqueles que, mesmo menos mencionados, são essenciais para a implementação da Simbiose Industrial. Assim o cenário apresenta uma análise em duas dimensões, incorporando conhecimento técnico para priorizar os fatores mais estratégicos dentro do contexto regional.

A comparação entre cenários é essencial para identificar possíveis diferenças entre a percepção dos *Stakeholders* e a avaliação técnica dos especialistas. Isso permite compreender melhor quais fatores realmente exercem maior impacto e quais podem estar sendo superestimados ou subestimados. Além disso, a análise comparativa ajuda a validar a robustez dos resultados, orientando decisões mais eficazes para a adoção de um modelo de Simbiose Industrial.

Quadro 2: escalas atribuídas no questionário aos *Stakeholders*.

	Escala numérica				
	1	2	3	4	5
Tipo de escala	Muito inadequado	Inadequado	Aceitável	Adequado	Muito adequado
	Nunca	Raramente	Eventualmente	Frequentemente	Muito Frequentemente
	Não	—	Talvez/incerto	—	Sim

Fonte: elaboração própria.

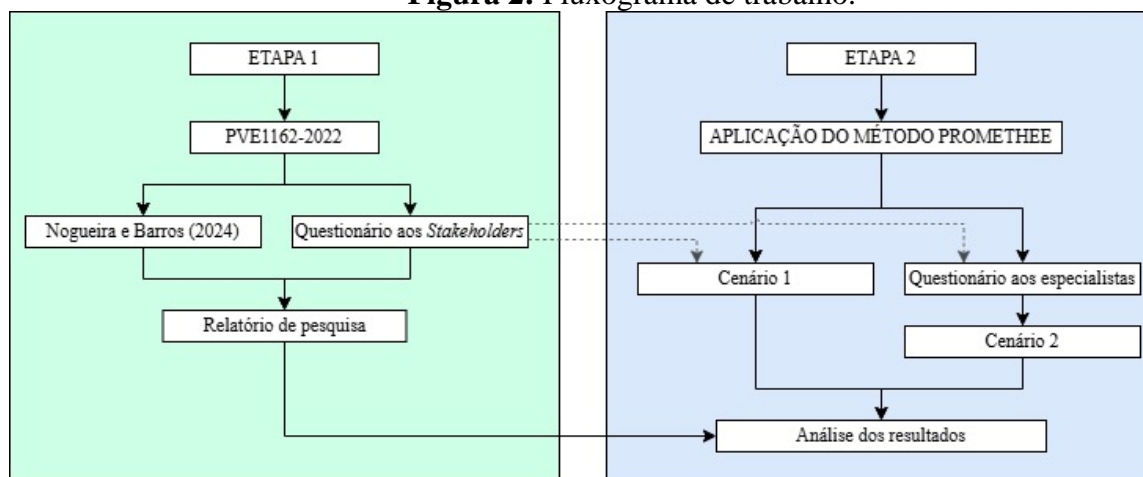
Tabela 1: Fatores e resultados do questionário aos Stakeholders.

Fatores	Descrição	Escala avaliada pelos stakeholders				
		1	2	3	4	5
FT1	Nível de infraestrutura da organização para realização de trocas, vendas ou compras de resíduos.	1	2	7	9	4
FT2	Nível de mão de obra da organização para realização de trocas, vendas ou compras de resíduos.	0	3	6	10	4
FT3	Nível tecnológico da organização para realização de trocas, vendas ou compras de resíduos.	1	5	3	11	3
FT4	Capacidade logística da organização em realizar trocas, vendas ou compras de resíduos.	0	4	4	12	3
FE1	Obtenção de ganhos em produtividade ou rentabilidade através de trocas, vendas ou compras de resíduos com outras organizações da região.	9	—	6	—	8
FE2	Obtenção de vantagens competitivas em relação a outras organizações da região através de trocas, vendas ou compras de resíduos.	12	—	8	—	3
FE3	Satisfação com a oferta e demanda para trocas, vendas ou compras de resíduos na região.	2	4	7	7	3
FE4	Investimentos em recursos (humanos, financeiros etc.) para o desenvolvimento de trocas, vendas ou compras de resíduos na região.	7	—	3	—	13
FP1	Motivações por aspectos de legislação e/ou políticas públicas para a realização de transações de resíduos.	4	—	4	—	15
FP2	Motivações por aspectos de normalizações (ISO's, NBR's etc.) para a realização de transações de resíduos.	3	—	6	—	14
FI1	Frequência em que os gestores da organização se reúnem com outros gestores de diferentes organizações da região para tratar sobre transações de resíduos.	4	9	7	0	3
FI2	Frequência em que a organização colabora com o compartilhamento de informações sobre transações de resíduos.	1	9	8	3	2
FI3	Frequência que a organização participa de palestras, feira ou exposições sobre transações de resíduos.	6	2	11	2	2
FO1	Realização de ações relacionadas à transação de resíduos.	9	—	5	—	9
FO2	Frequência que a organização colabora com instituições como universidades e centros de pesquisa para elaborar ações voltadas para transações de resíduos.	5	7	7	2	2

Nota: os valores não preenchidos ocorrem devido avaliação na escala de 3 pontos (1,3 e 5).

Fonte: elaboração própria.

Figura 2: Fluxograma de trabalho.



Fonte: Elaboração própria.

6.RESULTADOS E DISCUSSÕES

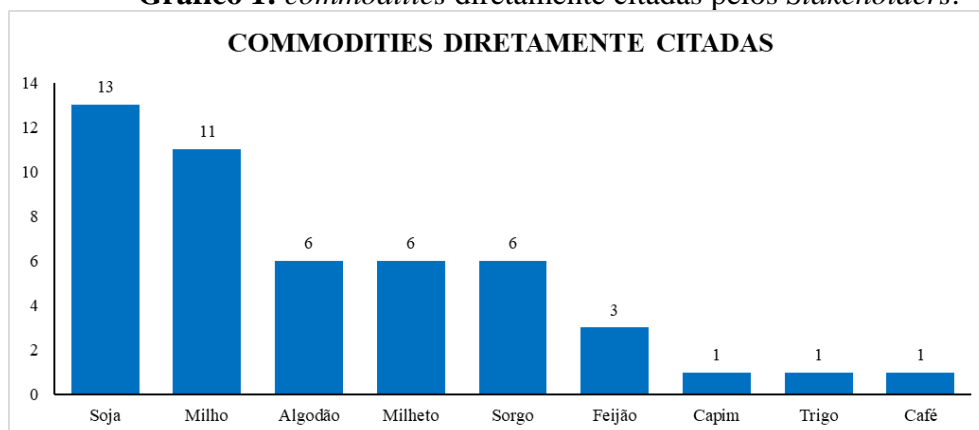
Os resultados são apresentados na seguinte ordem: primeiro, quantifica e descreve os aspectos gerais obtidos a partir do questionário aos *Stakeholders*; segundo, analisa os fatores através de dois cenários, sendo o Cenário 2, utilizando o Método PROMETHEE e; terceiro discute a sobreclassificação dos fatores com base na contextualização de barreiras e facilitadores para implementação de um modelo de SI, identificando também direcionamentos de pesquisas futuras.

6.1.Aspectos gerais da cadeia produtiva

A primeira pergunta do Questionário aos *Stakeholders* buscou categorizar as organizações participantes, resultando em 23 respostas. Destas, 16 correspondem a fazendas, 4 a indústrias e 3 a associações. O primeiro aspecto analisado no formulário foram as *commodities* diretamente citadas. Os resultados, conforme apresentado no Gráfico 1, estão em parte, em acordo com o Panorama de Estimativa da Produção de Grãos no Oeste da Bahia, consolidado pela Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia – AIBA (2024), que indica o algodão como a segunda maior *commodity* produzida na região (AIBA, 2024). Destaca-se maior presença do milho, como segunda maior *commodity* da região devido seu vasto uso em rotação de culturas, principalmente após produção de soja.

Além disso, as indústrias participantes são do setor de processamento de grãos, fabricação de alimentos e produção de fertilizantes. A expressividade dessas culturas pode conferir ao agronegócio local um volume considerável de resíduos, sobretudo orgânicos (restos de colheita e subprodutos de processamento) e inorgânicos (embalagens de defensivos agrícolas).

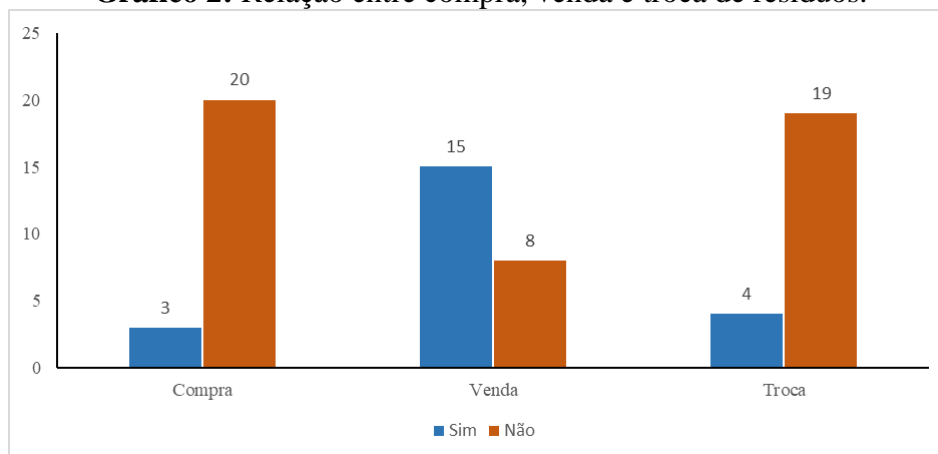
Gráfico 1: *commodities* diretamente citadas pelos *Stakeholders*.



Fonte: elaboração própria.

Como segundo aspecto, buscou-se identificar os tipos de transações de resíduos de cada organização. Foi possível observar que grande parte das organizações não realizam compra de resíduos. Embora a transição de resíduos relacionados a compra e troca foram predominantemente votados como não realizados, os dados demonstram relação entre compartilhamento de resíduos entre o setor: das 4 indústrias, 1 realiza troca de produtos. O mesmo foi observado em 3 fazendas da região. Em relação a compra de resíduos apenas 3 organizações afirmaram realizar, sendo elas, 3 fazendas. A venda de resíduos foi informada por maioria das organizações, sendo ao total, 15 dos 23 resultados, e especificamente, 2 indústrias e 13 fazendas.

Gráfico 2: Relação entre compra, venda e troca de resíduos.



Fonte: elaboração própria.

De acordo com Chertow (2007), a utilização de resíduos é uma oportunidade para ocorrência de uma Simbiose Industrial, assim, torna-se de extrema importância identificar os tipos de transações realizadas na região.

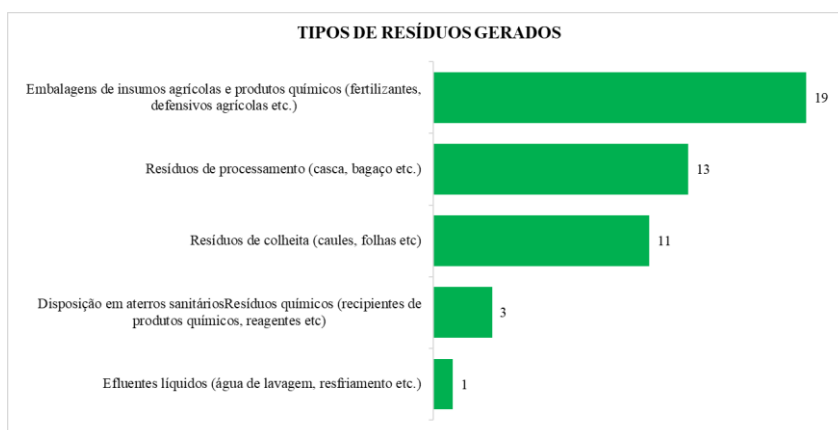
Segundo Geng *et al.* (2014), uma das principais barreiras da implementação de práticas simbióticas relacionada a utilização de resíduos é a dificuldade de obter retornos financeiros, visto que muitas empresas optam por não utilizar resíduos ou subprodutos na sua produção devido a receios de não ser rentável. Para o estudo, duas observações podem ser realizadas de acordo com os dados obtidos:

1. Como maioria das empresas realizam vendas de subprodutos, indica que estes estão sendo comprados por outras empresas de uma cadeia produtiva não identificada, visto que poucos compradores de resíduos foram identificados no questionário;

2. O setor agrícola e a agroindústria são participantes de uma rede de transação de resíduos. A relação de compra indica que as empresas identificadas neste tópico conseguiram ganhos produtivos com os resíduos comprados. A relação de troca demonstra muito além de ganhos produtivos, mas sim interesse mútuo entre as organizações.

A próxima fase envolve a identificação dos principais tipos de resíduos gerados pelo agronegócio da região, conforme apresentado nos Gráficos 3 e 4. Os resíduos mais significativos, listados em ordem decrescente, incluem as embalagens de insumos agrícolas (como fertilizantes e defensivos agrícolas), os resíduos provenientes do processamento de grãos (como cascas e bagaços) e os resíduos da colheita (como folhas e galhos). O destino principal desses resíduos, conforme apresentado no Gráfico 5, é a utilização como adubo orgânico, no caso dos resíduos orgânicos, enquanto as embalagens vazias são coletadas e recolhidas. Essa coleta é realizada por uma das organizações envolvidas neste estudo, que é uma associação voltada para o recolhimento de embalagens vazias de defensivos agrícolas.

Gráfico 3: Tipos de resíduos gerados citados no questionário.



Fonte: elaboração própria.

Gráfico 4: Destino dos resíduos orgânicos citados no questionário.



Fonte: elaboração própria.

Gráfico 5: destino dos resíduos inorgânicos citados no questionário.



Fonte: elaboração própria.

6.2. Análise dos fatores

As próximas etapas consistem em analisar os fatores em dois cenários. O primeiro, realiza uma análise preliminar dos resultados considerando exclusivamente a avaliação pelos *stakeholders*, enquanto o segundo, introduz como segundo critério, a avaliação pelos especialistas ambientais. Destaca-se que tal avaliação é útil para compreender quais fatores agem como facilitadores e quais agem como barreiras para a implementação de um modelo de Simbiose Industrial na região. A seguir, os dois cenários serão avaliados.

6.2.1. Cenário 1: ranqueamento dos fatores segundo os Stakeholders

No Cenário 01, a análise dos fatores para a implementação da Simbiose Industrial no Oeste da Bahia foi realizada com base no *Ranking* médio (média ponderada das atribuições na escala *Likert*) atribuído a cada fator. Essa abordagem permite identificar quais fatores foram considerados mais relevantes pelos *Stakeholders* e estabelecer uma sobreclassificação entre eles, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: *Ranking* médio dos fatores.

Fatores	FP1	FP2	FT2	FT4	FT1	FE4	FT3	FE3	FO1	FE1	FI2	FI3	FI1	FO2	FE2
Ranking médio	3,96	3,96	3,65	3,61	3,57	3,52	3,43	3,22	3,00	2,91	2,83	2,65	2,52	2,52	2,22

Fonte: autoria própria.

Os fatores FP1 (Motivações por aspectos de legislação e/ou políticas públicas para a realização de transações de resíduos) e FP2 (Motivações por aspectos de normalizações - ISO, NBRs etc.) obtiveram o maior ranking médio, ambos com 3,96. Isso indica que as conformidades regulatórias e as exigências normativas são aspectos prioritários para as organizações ao considerarem a adoção de ações voltadas para gestão de resíduos.

Em seguida, três fatores técnicos apresentaram relevância significativa: FT2 (Nível de mão de obra da organização), FT4 (Capacidade logística da organização) e FT1 (Nível de infraestrutura da organização). Esses fatores evidenciam que a disponibilidade de recursos físicos e humanos influencia diretamente a viabilidade de transações de resíduos. A falta de estrutura logística e mão de obra qualificada pode dificultar a implementação do modelo, reforçando a necessidade de investimentos e incentivos para a adaptação das empresas.

O fator FE4 (Investimentos em recursos humanos, financeiros etc.) também apresentou um ranking elevado, reforçando que a disponibilidade de capital para melhorias na infraestrutura e capacitação de pessoal é um aspecto essencial. Além disso, o nível tecnológico da organização (FT3) e a satisfação com oferta e demanda (FE3) demonstram que a adoção de tecnologias adequadas pode otimizar o fluxo de resíduos, desde que exista um equilíbrio entre a oferta e a procura desses materiais no mercado.

Por outro lado, alguns fatores foram considerados menos influentes no cenário analisado. O fator FO1 (Realização de ações relacionadas à transação de resíduos) obteve um ranking médio de 3,00, o que sugere que, embora as empresas reconheçam a importância dessas ações, elas ainda não são amplamente praticadas na região. Já o fator FE1 (obtenção de ganhos em produtividade ou rentabilidade através de trocas) indica que os benefícios econômicos obtidos através de transações de resíduos podem não ser plenamente percebidos e/ou obtidos pelos *Stakeholders*.

Entre os fatores com menor ranking médio, destacam-se FI2 (Frequência com que a organização colabora no compartilhamento de informações), FI3 (Frequência com que a organização participa de eventos), FI1 (Frequência de reuniões entre gestores) e FO2 (Frequência da colaboração com universidades e centros de pesquisa). Esses resultados indicam que a baixa interação entre empresas e instituições acadêmicas pode ser um obstáculo à implementação da simbiose industrial, pois reduz a troca de conhecimentos e limita a criação de soluções inovadoras para a gestão de resíduos.

Por fim, o fator FE2 (Obtenção de vantagens competitivas em relação a outras organizações) obteve o menor *ranking* médio. Chertow (2000), define a obtenção de vantagens

competitivas como fundamental para a ocorrência da Simbiose Industrial, considerando que as organizações se sentem influenciadas a se sobressair dentre as demais organizações concorrentes. Assim, a baixa percepção de vantagens competitivas indica um fator crítico e de grande influência.

6.2.2. Cenário 2: Aplicação do Método PROMETHEE II

Para o segundo cenário, o questionário aos especialistas foi aplicado para obtenção do grau de importância de cada um dos fatores. O questionário foi respondido por 7 especialistas da área ambiental conforme apresentado na Tabela 3. Para o cenário, o grau de importância atribuído a cada um dos fatores foi obtido pela média aritmética das avaliações dos especialistas.

Tabela 3: Avaliação dos Especialistas.

Status profissional	Especialista 1	Especialista 2	Especialista 3	Especialista 4	Especialista 5	Especialista 6	Especialista 7	Média
	Analista de Meio Ambiente	Analista de Qualidade e Meio Ambiente	Coordenador de qualidade e meio ambiente	Engenheiro de produção	Doutoranda em Inovação e Tecnologia	Engenheiro Agrônomo	Engenheiro sanitarista e ambiental	
Tempo de atuação na área	12 anos	3 anos	12 anos	13 anos	6 anos	1 ano	11 anos	
FT1	10	10	10	9	7	9	10	9,3
FT2	10	10	7	8	5	8	10	8,3
FT3	10	7	7	8	4	8	10	7,7
FT4	10	10	8	9	10	5	10	8,9
FE1	10	10	7	6	10	7	10	8,6
FE2	10	8	8	8	10	7	8	8,4
FE3	10	10	3	8	10	8	10	8,4
FE4	10	10	9	8	7	8	10	8,9
FP1	10	10	9	8	10	10	8	9,3
FP2	10	10	8	6	10	10	8	8,9
FI1	10	10	6	8	10	8	10	8,9
FI2	10	10	8	8	10	10	10	9,4
FI3	10	10	6	8	10	9	8	8,7
FO1	10	10	10	8	10	4	10	8,9
FO2	10	10	9	7	10	10	10	9,4

Fonte: elaboração própria.

Para avaliação através do método PROMETHEE II, a sobreclassificação dos fatores, considerou o maior fluxo líquido obtido, considerando os critérios apresentados na Tabela 4. Para garantir o alinhamento dos objetivos, ambos os critérios foram maximizados, permitindo a classificação das alternativas com base nos maiores valores atribuídos. Além disso, como os especialistas atuam diretamente na área ambiental, o peso atribuído ao grau de importância foi de 0,6, enquanto o *ranking* médio definido pelos *stakeholders* recebeu um peso de 0,4, equilibrando a análise técnica e a percepção dos envolvidos no processo decisório.

Tabela 4: Matriz de critérios

Fatores	<i>Ranking</i> médio atribuído pelos <i>stakeholders</i>	Grau de importância atribuído pelos especialistas
FT1	3,57	9,3
FT2	3,65	8,3
FT3	3,43	7,7
FT4	3,61	8,9
FE1	2,91	8,6
FE2	2,22	8,4
FE3	3,22	8,4
FE4	3,54	8,9
FP1	3,96	9,3
FP2	3,96	8,9
FI1	2,52	8,9
FI2	2,83	9,4
FI3	2,65	8,7
FO1	3,00	8,9
FO2	2,52	9,4

Fonte: autoria própria.

A Figura 3 apresenta a tabela de fluxo líquido (à esquerda) e o gráfico correspondente (à direita) para o cenário 2, facilitando a visualização e interpretação dos resultados obtidos no *software*. Os fatores foram organizados em clusters de acordo com sua natureza, sendo os fatores políticos destacados em vermelho, os fatores econômicos em verde, os operacionais em rosa, os informacionais em ciano e os técnicos em amarelo. A utilização das cores permite uma identificação visual mais intuitiva no gráfico de fluxo líquido, auxiliando na observação da distribuição e impacto de cada fator na análise.

Figura 3: Tabela de fluxo líquido (à esquerda) e gráfico de fluxo líquido (à direita) do cenário 2.



Fonte: elaboração própria.

Os fatores FP1 (Motivações por aspectos de legislação e/ou políticas públicas para a realização de transações de resíduos) e FT1 (Nível de infraestrutura da organização para a realização de trocas, vendas ou compras de resíduos) obtiveram os maiores fluxos líquidos, indicando que conformidades regulatórias e infraestrutura são aspectos prioritários e facilitadores para implementação de um modelo de SI na região. Esses resultados refletem a importância de uma base regulatória robusta e de uma infraestrutura bem desenvolvida para apoiar as práticas de SI.

Além disso, o fator FP2 (Motivações por aspectos de normalizações - ISO, NBRs etc.) apresentou um fluxo positivo significativo, reforçando que as normas técnicas são essenciais para orientar as empresas na adoção de práticas sustentáveis. As normalizações não apenas fornecem diretrizes claras para as empresas seguirem, mas também garantem que as práticas sejam reconhecidas e aceitas internacionalmente, promovendo a confiança e a competitividade no mercado (Hahn, 2013).

Por outro lado, os fatores informacionais, como FI1 (Frequência de reuniões entre gestores) e FO2 (Frequência da colaboração com universidades e centros de pesquisa), apresentaram fluxos negativos, destacando que a comunicação e a troca de conhecimento na região são deficientes. A falta de interação e colaboração entre empresas e instituições acadêmicas pode comprometer a inovação e a eficácia do modelo de SI. Como evidenciado na

literatura, a confiança mútua e a troca aberta de informações são essenciais para a criação de vínculos simbióticos duradouros (Chertow, 2007).

Os fatores econômicos, como FE1 (Obtenção de ganhos em produtividade ou rentabilidade através de trocas) e FE2 (Obtenção de vantagens competitivas em relação a outras organizações), também tiveram fluxos negativos, indicando que a percepção de benefícios financeiros diretos ainda é limitada entre as empresas. A ausência de incentivos financeiros claros pode desestimular a adoção de práticas de Simbiose Industrial, conforme observado por Lombardi e Laybourn (2012).

6.2.3. Comparação entre cenários

A análise comparativa entre os cenários revelou diferenças relevantes na priorização dos fatores que influenciam as transações de resíduos, destacando a importância dos critérios utilizados para a avaliação. Enquanto no Cenário 1 a sobreclassificação foi baseada apenas no *ranking* médio oriundo da perspectiva dos *Stakeholders*, no Cenário 2, através da aplicação da avaliação pelos especialistas e da sobreclassificação pelo método PROMETHEE II, foi possível obter uma priorização considerando dois critérios de avaliação.

No Cenário 01, a análise indicou que fatores relacionados a legislação, políticas públicas e certificações ambientais foram os mais relevantes para impulsionar as transações de resíduos. A alta pontuação desses fatores reforça a importância das normas regulatórias e certificações, como as normas ISO e NBRs, que orientam boas práticas ambientais e garantem a conformidade das empresas com requisitos legais.

Esse resultado sugere que, a adequação às exigências ambientais ainda é um dos principais motores das transações, influenciando diretamente a tomada de decisão das organizações. Além disso, fatores estruturais, como nível de infraestrutura e disponibilidade logística, também se destacaram, indicando que a capacidade operacional das empresas desempenha um papel essencial na viabilização das trocas, compras e vendas de resíduos.

Entretanto, ao introduzir o grau de importância atribuído pelos especialistas juntamente com a aplicação do PROMETHEE II no Cenário 2, observou-se um refinamento na análise, proporcionando um equilíbrio mais realista entre os fatores avaliados. Nesse cenário, apesar da legislação e regulamentação ainda figurarem entre os fatores mais relevantes, aspectos relacionados à infraestrutura organizacional, capacidade logística e investimentos em recursos ganharam maior destaque. Isso indica que, além de atender às exigências normativas, as empresas precisam possuir condições operacionais favoráveis para que as transações de resíduos ocorram de maneira eficiente. A priorização desses elementos sugere que, para muitas

organizações, a capacidade de executar a transação é tão importante quanto a obrigatoriedade de cumpri-la, demonstrando uma visão prática sobre os desafios enfrentados no setor.

Por outro lado, foi possível identificar obstáculos significativos. Os fatores informacionais, como a frequência de reuniões entre gestores (FI1) e a participação em palestras, feiras ou exposições sobre transações de resíduos (FI3), apresentaram fluxos negativos, sugerindo que a comunicação e o intercâmbio de conhecimentos na região são deficientes. Como evidenciado na literatura, a troca aberta de informações e a presença de confiança mútua são essenciais para a criação de vínculos simbióticos duradouros (Chertow, 2007). A falta de reuniões regulares entre gestores, bem como a pouca participação de universidades e centros de pesquisa, pode atrasar o avanço de estudos e estratégias para aprimorar a reutilização de resíduos, comprometendo a eficácia desse modelo colaborativo.

Outro fator que pode inibir a participação das empresas é a desconfiança e as preocupações com a confidencialidade das informações. O compartilhamento de dados é um assunto sensível, especialmente em setores industriais concorrentes, e sem mecanismos que garantam segurança e transparência, há uma resistência natural à adoção desse modelo. Isso corrobora a necessidade de políticas que incentivem a confiança entre os agentes envolvidos e criem ambientes seguros para a troca de informações.

Por fim, destaca-se o fator econômico FE3, com menor fluxo líquido. O ocorrido se deve ao fato de que, como observado no Quadro 3, a obtenção de vantagens competitivas foi identificada em poucas organizações. A obtenção de vantagens competitivas é um fator crucial para a existência da Simbiose Industrial, Chertow (2000), define este fator como ponto chave de incentivo às práticas simbióticas.

6.2.4. Barreiras e facilitadores identificados na região

Nos dois cenários analisados, os fatores políticos FP1 (legislação e políticas públicas) e FP2 (normas técnicas, como ISO e NBR) se destacaram como os mais relevantes para a implementação da simbiose industrial na região. A regulação ambiental pode atuar como um catalisador para a adoção desse modelo, especialmente quando associada a incentivos fiscais e subsídios governamentais. Estudos indicam que legislações ambientais rigorosas desempenham um papel fundamental na criação de ecossistemas industriais circulares, como já observado em países como Dinamarca e Holanda (Heck; Utikal; Leker, 2024). Esse cenário evidencia que o fortalecimento das diretrizes normativas pode estimular as empresas a aderirem à economia circular, criando um ambiente propício para a otimização do uso de resíduos e subprodutos industriais.

Além dos fatores políticos, os fatores tecnológicos FT1 (infraestrutura para trocas de resíduos), FT2 (mão de obra qualificada) e FT4 (capacidade logística) também se mostraram facilitadores essenciais. Isso indica que as empresas locais dispõem de um nível razoável de estrutura e pessoal capacitado para operacionalizar iniciativas de economia circular. A existência de um suporte técnico adequado é fundamental, pois a SI depende de redes de colaboração eficientes e de uma logística bem planejada para garantir que os fluxos de resíduos sejam transformados em insumos produtivos para outras empresas (Littel, 2022). No entanto, apesar desse potencial estrutural, a efetivação de um modelo de SI requer integração entre os agentes do setor, destacando a necessidade de fortalecer canais de comunicação e cooperação.

Apesar das condições favoráveis mencionadas, diversos desafios foram identificados. O principal obstáculo refere-se aos fatores informacionais. A falta de comunicação e colaboração interorganizacional representa uma barreira significativa na implementação da simbiose industrial, pois a troca eficiente de informações é essencial para identificar sinergias potenciais e estabelecer cadeias produtivas alternativas (Neves *et al.*, 2019).

Estudos indicam que a desconfiança e preocupações com a confidencialidade dos dados podem inibir esse compartilhamento de informações, dificultando a construção de vínculos simbióticos duradouros (Boom-Cárcamo; Peñabaena-Niebles, 2022; Chertow, 2007). A ausência de fóruns e reuniões regulares entre empresas impede a criação de redes de confiança, fundamentais para garantir a viabilidade dos intercâmbios de resíduos industriais. Além disso, a baixa participação de universidades e centros de pesquisas compromete o desenvolvimento de soluções inovadoras que poderiam otimizar processos produtivos e ampliar os benefícios econômicos da SI.

Outro fator crítico identificado nos cenários foi a baixa percepção de benefícios financeiros diretos (FE1 e FE2). A hesitação das empresas em investir nesse modelo decorre do fato de que, quando os retornos financeiros não são evidentes no curto prazo, há resistência em modificar processos produtivos (Heck; Utikal; Leker, 2024). Isso reforça que os fatores informacionais e econômicos estão intrinsecamente relacionados: a falta de comunicação e troca de conhecimento impacta diretamente a percepção de viabilidade econômica da SI.

Assim, entende-se que o principal desafio para a implementação de um modelo de Simbiose Industrial na região é o rompimento das barreiras informacionais, visto que esses fatores apresentaram um desempenho fortemente insatisfatório. A superação dessas barreiras pode contribuir para o fortalecimento dos fatores econômicos, uma vez que a troca de informações eficiente pode gerar novas oportunidades de negócios e parcerias.

6.2.5. Direcionamento de pesquisas futuras

Considerando que os fatores informacionais são as principais barreiras, os direcionamentos de pesquisa indicados neste estudo podem contribuir para o desenvolvimento de investigações futuras, tanto no contexto da Simbiose Industrial quanto no aprimoramento de modelos sustentáveis para a gestão de resíduos na região. Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, diversos caminhos podem ser explorados em estudos futuros para aprofundar a compreensão e superar os desafios identificados na implementação da Simbiose Industrial na região oeste da Bahia. Esses direcionamentos se concentram em estratégias para melhorar o fluxo de informações, fortalecer o engajamento das instituições acadêmicas, ampliar os benefícios econômicos percebidos pelas empresas e otimizar o uso de facilitadores tecnológicos e políticos.

Um primeiro aspecto relevante para futuras pesquisas é a necessidade de identificar quais organizações realizam compra, venda e troca de resíduos, analisando se essas transações ocorrem de forma mútua e quais tipos de resíduos estão envolvidos nessas atividades. Esse tipo de investigação pode permitir um mapeamento mais detalhado dos fluxos de materiais e resíduos, evidenciando oportunidades de novas conexões e parcerias produtivas no setor. Estudos como o de Fraccascia e Giannoccaro (2020) apontam que a construção de redes de SI eficientes depende de um entendimento aprofundado desses fluxos para a criação de sinergias sustentáveis e economicamente viáveis.

Outro ponto crítico a ser aprofundado em novas pesquisas são as barreiras informacionais, que se mostraram os maiores impactos à implementação da SI na região. É fundamental entender por que há baixa participação das instituições de pesquisa e ensino na gestão de resíduos do agronegócio. Questões como a existência (ou falta) de projetos voltados a essa temática, os desafios enfrentados para sua implementação e possíveis estratégias para intensificar essa colaboração precisam ser analisadas. Essa abordagem pode contribuir para a construção de um ambiente mais favorável à troca de conhecimento entre o setor produtivo e o meio acadêmico, reduzindo a resistência das organizações à adoção de novas práticas sustentáveis.

Embora esta pesquisa tenha se concentrado especificamente na gestão de resíduos, estudos anteriores sugerem que a Simbiose Industrial pode ser analisada sob outras perspectivas, como o compartilhamento de infraestrutura. Chertow (2007) e Saraceni *et al.* (2017), destacam que a utilização conjunta de recursos e instalações pode reduzir custos e ampliar a viabilidade econômica de iniciativas de SI.

Outro aspecto que merece atenção é a questão dos fatores políticos e regulatórios. Embora os fatores políticos tenham sido classificados como facilitadores nesta pesquisa, a literatura enfatiza preocupações relacionadas à regulação de resíduos perigosos. Assim, novas investigações devem avaliar criteriosamente as regularizações em nível nacional e regional, garantindo que as práticas adotadas estejam em conformidade com os critérios governamentais. Além disso, a concessão de incentivos fiscais pode ser um fator determinante para impulsionar a adoção da SI, tornando o modelo mais atrativo para empresas que ainda não enxergam um retorno econômico imediato.

7.CONCLUSÕES

A implementação de um modelo de SI na região oeste da Bahia apresenta grande potencial, mas enfrenta desafios significativos que precisam ser superados para garantir sua viabilidade e consolidação. A análise realizada por meio do método PROMETHEE II permitiu identificar fatores que atuam como facilitadores e barreiras dentro desse contexto, fornecendo um panorama detalhado das condições locais para a adoção desse modelo sustentável.

Os principais fatores facilitadores identificados foram os tecnológicos (infraestrutura, mão de obra qualificada e capacidade logística) e os políticos (legislação e normalizações técnicas), o que demonstra que a região possui condições favoráveis para a estruturação de redes de troca de resíduos. No entanto, a pesquisa revelou também que os fatores informacionais e econômicos ainda representam desafios significativos. A falta de comunicação entre empresas, a ausência de colaboração com instituições de ensino e pesquisa e a desconfiança na troca de informações foram apontadas como barreiras críticas que limitam a implementação da SI. Além disso, a percepção de baixa rentabilidade e a ausência de incentivos financeiros diretos contribuem para a hesitação das empresas em adotar esse modelo.

Diante desses resultados, conclui-se que a superação das barreiras informacionais deve ser a prioridade, pois a melhoria no fluxo de informações pode gerar impactos positivos também nos fatores econômicos, que também foram classificados como barreiras críticas. Criar mecanismos de compartilhamento seguro de dados, incentivar reuniões regulares entre gestores e ampliar a participação de universidades e centros de pesquisa são exemplos de estratégias fundamentais para fomentar a cooperação entre empresas e fortalecer esse modelo.

Ademais, a pesquisa reforça a necessidade de políticas públicas mais eficazes, que garantam incentivos financeiros e fiscais para empresas que adotem práticas de SI. A experiência de outros países demonstra que subsídios, linhas de crédito facilitadas e benefícios

fiscais podem acelerar a adoção desse modelo, tornando-o economicamente mais atrativo para o setor produtivo.

Por fim, o estudo evidencia que, embora existam desafios, a SI pode se tornar uma ferramenta poderosa para impulsionar a sustentabilidade e a economia circular na região oeste da Bahia. As direções de pesquisa apontadas neste estudo podem contribuir para futuras investigações que busquem aprofundar o conhecimento sobre os fluxos de resíduos, os mecanismos de governança e as melhores práticas para a implementação da SI. O desenvolvimento de estratégias voltadas para o rompimento das barreiras informacionais e econômicas será essencial para garantir que esse modelo sustentável possa ser expandido e consolidado na região.

REFERÊNCIAS

AIBA. **PANORAMA PARA A ESTIMATIVA DA SAFRA NO OESTE DA BAHIA**. Circ. 23ed. [S. l.]: Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia (AIBA), 2024.

ALMEIDA, Adiel Teixeira de; COSTA, Ana Paula Cabral Seixas. Modelo De Decisão Multicritério Para Priorização De Sistemas De Informação Com Base No Método Promethee. **Gestão & Produção**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 201–214, 2002.

BALDASSARRE, B *et al.* Industrial Symbiosis: towards a design process for eco-industrial clusters by integrating Circular Economy and Industrial Ecology perspectives. **JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION**, Delft Univ Technol, Fac Ind Design Engn, Landbergstr 15, NL-2628 CE Delft, Netherlands, v. 216, p. 446–460, 2019.

BOOM-CÁRCAMO, Efrain; PEÑABAENA-NIEBLES, Rita. Analysis of the Development of Industrial Symbiosis in Emerging and Frontier Market Countries: Barriers and Drivers. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 14, n. 7, 2022.

BRANS, JP; VINCKE, P; MARECHAL, B. Promethee: A New Family Of Outranking Methods In Multicriteria Analysis. **INTERNATIONAL CONFERENCE OF OPERATIONAL RESEARCH**, [s. l.], 1984.

BRASIL. **Com alta recorde da Agropecuária, PIB fecha 2023 em 2,9%**. [S. l.], 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/39306-com-alta-recorde-da-agropecuaria-pib-fecha-2023-em-2-9>. Acesso em: 5 jan. 2025.

CASTELLET-VICIANO, Lledó *et al.* Industrial Symbiosis: A Mechanism to Guarantee the Implementation of Circular Economy Practices. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 14, n. 23, 2022.

CHERTOW, Marian R. **INDUSTRIAL SYMBIOSIS : Literature and Taxonomy**.

Annu. Rev. Energy. Environ., [s. l.], v. 25, n. November, p. pp 313-337, 2000.

CHERTOW, Marian R. “Uncovering” Industrial Symbiosis. **Journal of Industrial Ecology**, [s. l.], v. 26, n. 4, p. 11–30, 2007.

DE JESUS, Ana; MENDONÇA, Sandro. Lost in Transition? Drivers and Barriers in the Eco-innovation Road to the Circular Economy. **Ecological Economics**, [s. l.], v. 145, n. July 2017, p. 75–89, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.08.001>.

DOMENECH, T *et al.* Mapping Industrial Symbiosis Development in Europe_ typologies of networks, characteristics, performance and contribution to the Circular Economy. **RESOURCES CONSERVATION AND RECYCLING**, UCL, London, England, v. 141, p. 76–98, 2019.

DONALDSON, Thomas; PRESTON, Lee E. The Stakeholder Theory of the Corporation: Concepts, Evidence, and Implications. **Academy of Management Review**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 65–91, 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.5465/amr.1995.9503271992>.

FATIMAH, Yun Arifatul *et al.* Industry 4.0 based sustainable circular economy approach for smart waste management system to achieve sustainable development goals: A case study of Indonesia. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 269, p. 122263, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122263>.

FRACCASCIA, Luca; GIANNOCCARO, Ilaria. What, where, and how measuring industrial symbiosis: A reasoned taxonomy of relevant indicators. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 157, n. February, p. 104799, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104799>.

FREEMAN, R Edward. Divergent Stakeholder Theory. **Academy of Management Review**, [s. l.], v. 24, n. 2, p. 233–236, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.5465/amr.1999.1893932>.

FREEMAN, R. Edward *et al.* Stakeholder theory: The state of the art. **Stakeholder Theory: The State of the Art**, [s. l.], p. 1–343, 2010.

FREEMAN, R. Edward; PHILLIPS, Robert; SISODIA, Rajendra. Tensions in Stakeholder Theory. **Business and Society**, [s. l.], v. 59, n. 2, p. 213–231, 2020.

GEISSDOERFER, Martin *et al.* The Circular Economy – A new sustainability paradigm?. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 143, n. February, p. 757–768, 2017.

GENG, Y *et al.* Emergy-based assessment on industrial symbiosis: a case of Shenyang Economic and Technological Development Zone. **ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH**, Shanghai Jiao Tong Univ, Sch Environm Sci & Engn, Shanghai 200240, Peoples R China, v. 21, n. 23, p. 13572–13587, 2014.

HAHN, Rüdiger. ISO 26000 and the standardization of strategic management

processes for sustainability and corporate social responsibility. **Business Strategy and the Environment**, [s. l.], v. 22, n. 7, p. 442–455, 2013.

HARRISON, Jeffrey S; WICKS, Andrew C. Stakeholder Theory, Value, and Firm Performance. **Business Ethics Quarterly**, [s. l.], v. 23, n. 1, p. 97–124, 2013. Disponível em: <https://www.cambridge.org/core/product/B84D07B5B6241F83EC7D904E28B21015>.

HECK, Janine; UTIKAL, Hannes; LEKER, Jens. Industrial symbiosis as enabler and barrier for defossilization: The case of Höchst Industrial Park. **Environmental Technology and Innovation**, [s. l.], v. 36, n. April, p. 103850, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2024.103850>.

HOSSAIN, Rumana *et al.* Plastic Waste Management in India: Challenges, Opportunities, and Roadmap for Circular Economy. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 14, n. 8, 2022.

KEENEY, Ralph L.; RAIFFA, Howard. **Decisions with Multiple Objectives**. [S. l.]: Wiley, 1976.

KIRCHHERR, Julian; REIKE, Denise; HEKKERT, Marko. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. **Resources, Conservation and Recycling**, [s. l.], v. 127, n. September, p. 221–232, 2017.

LITTEL, Willem-jon. **Towards shared refrigeration in Dutch industrial parks**. [S. l.]: To Delft, 2022.

LIU, Xiuli; GUO, Pibin; GUO, Shufeng. Assessing the eco-efficiency of a circular economy system in China's coal mining areas: Emergy and data envelopment analysis. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 206, p. 1101–1109, 2019.

LOMBARDI, D R; LAYBOURN, P. Redefining Industrial Symbiosis: Crossing Academic-Practitioner Boundaries. **Journal of Industrial Ecology**, International Synergies Limited, Birmingham, United Kingdom, v. 16, n. 1, p. 28–37, 2012.

MAKSYM, V. *et al.* Theoretical foundations of the formation of a circular model of the economy in the agro-industrial complex of Ukraine. **Scientific Messenger of LNU of Veterinary Medicine and Biotechnologies**, [s. l.], v. 26, n. 103, p. 41–48, 2024.

MURTHY, Venkatesha; RAMAKRISHNA, Seeram. A Review on Global E-Waste Management: Urban Mining towards a Sustainable Future and Circular Economy. **Sustainability (Switzerland)**, [s. l.], v. 14, n. 2, 2022.

NEVES, A *et al.* The Potential of Industrial Symbiosis: Case Analysis and Main Drivers and Barriers to Its Implementation. **SUSTAINABILITY**, Polytech Inst Viseu, Dept Mech Engr, P-3504510 Viseu, Portugal, v. 11, n. 24, 2019.

NOGUEIRA, Ana Cristina Maria *et al.* Impact of rural credit on the development of

Brazilian agriculture. **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente**, [s. l.], v. 16, n. 3, 2023.

NOGUEIRA, Tarcísio da Cunha; BARROS, Adriano David Monteiro de. Análise bibliométrica sobre Simbiose Industrial: mapeamento da literatura científica. **Revista de Gestão e Secretariado**, [s. l.], v. 15, n. 4, p. e3200, 2024.

PARAJULY, Keshav *et al.* Behavioral change for the circular economy: A review with focus on electronic waste management in the EU. **Resources, Conservation and Recycling: X**, [s. l.], v. 6, n. November 2019, p. 100035, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2020.100035>.

PAVESI, Matteo. Strategies and actions to overcome Industrial Symbiosis barriers. Mapping and findings from the Italian working field. [s. l.], 2021.

PEREIRA, Adriana Soares *et al.* **METODOLOGIA DA PESQUISA CIENTÍFICA**. 1a. ed. [S. l.]: UFSM, NTE, 2018.

PHILLIPS, Robert; FREEMAN, R. Edward; WICKS, Andrew C. What stakeholder theory is not. **Corporate Social Responsibility**, [s. l.], n. February, p. 401–424, 2017.

PRIETO-SANDOVAL, Vanessa; JACA, Carmen; ORMAZABAL, Marta. Towards a consensus on the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 179, p. 605–615, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.224>.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. [S. l.]: Feevale, 2013.

ROY, Bernard. **Methodologie Multicrièrè d'aide à la Décision**. [S. l.]: Editora Economica, 1985.

SALMENPERÄ, Hanna *et al.* Critical factors for enhancing the circular economy in waste management. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 280, p. 124339, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620343845>.

SARACENI, Adriana Valelia Valélia. **Ferramenta para avaliação da presença de práticas de simbiose industrial em uma rede de empresas**. [S. l.: s. n.], 2014. Disponível em: [http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/933/1/PG_PPGE_Saraceni%20Adriana Valélia_2014.pdf](http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/933/1/PG_PPGE_Saraceni%20Adriana%20Valélia_2014.pdf).

SARACENI, Adriana Valélia *et al.* Pilot testing model to uncover industrial symbiosis in Brazilian industrial clusters. **Environmental Science and Pollution Research**, Univ Toronto, Dept Mech & Ind Engr MIE, 5 Kings Coll Rd, Toronto, ON M5S 3G8, Canada, v. 24, n. 12, p. 11618–11629, 2017.

SCAFÀ, M; MARCONI, M; GERMANI, M. A critical review of industrial symbiosis models. *In:* , 2018, Department of Industrial Engineering and Mathematical Sciences,

Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy. (Wognum N. et al., Org.) **25th ISPE International Conference on Transdisciplinary Engineering 2018**. Department of Industrial Engineering and Mathematical Sciences, Università Politecnica delle Marche, Ancona, Italy: IOS Press BV, 2018. p. 1184–1193.

SCHLÜTER, Leonie *et al.* Uncovering the role of the industrial symbiosis facilitator in literature and practice in Nordic countries: An action-skill framework. **Journal of Cleaner Production**, [s. l.], v. 379, p. 134652, 2022.

SEAGRI (Secretaria Da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura). **Fim da colheita se aproxima no Oeste e números de produtividade, produção e área plantada são os maiores da história**. [S. l.], 2021. Disponível em: [http://cpu002572.ba.gov.br/noticias/2021/04/23/fim-da-colheita-se-aproxima-no-oeste-e-numeros-de-produtividade-producao-e-area#:~:text=Dados fornecidos pelo Conselho Técnico,chegou a 62 sacas%2Fhectare](http://cpu002572.ba.gov.br/noticias/2021/04/23/fim-da-colheita-se-aproxima-no-oeste-e-numeros-de-produtividade-producao-e-area#:~:text=Dados%20fornecidos%20pelo%20Conselho%20Tecnico,chegou%20a%2062%20sacas%20hectare). Acesso em: 11 jan. 2025.

SEAGRI (Secretaria Da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura). **Safra 2023/24: Começa a colheita do algodão na Bahia, segundo maior estado produtor do Brasi**. [S. l.], 2024. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/noticias/2024/05/24/safra-202324-comeca-colheita-do-algodao-na-bahia-segundo-maior-estado-produtor>. .

SEAGRI (Secretaria Da Agricultura, Pecuária, Irrigação, Pesca e Aquicultura). **Soja da Bahia confirma maior produtividade do Brasil na safra 2022/23. Produção também marca novo recorde no estado**. [S. l.], 2023. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/noticias/2023/05/12/soja-da-bahia-confirma-maior-produtividade-do-brasil-na-safra-202223-producao>. Acesso em: 12 jan. 2025.

SÖDERGREN, K; PALM, J. The role of local governments in overcoming barriers to industrial symbiosis. **Cleaner Environmental Systems**, The International Institute for Industrial Environmental Economics (IIIEE), Lund University, P O Box 196, Lund, SE-221 00, Sweden, v. 2, 2021.

TANVEER, Muhammad *et al.* Waste management and green technology: future trends in circular economy leading towards environmental sustainability. **Environmental Science and Pollution Research**, [s. l.], v. 29, n. 53, p. 80161–80178, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-022-23238-8>.

VINCKE, Philippe. **Multicriteria Decision-aid**. [S. l.]: John Wiley & Sons, 1992.

YANG, T *et al.* Evaluating the Barriers to Industrial Symbiosis Using a Group AHP-TOPSIS Model. **SUSTAINABILITY**, Beijing Inst Technol, Sch Chem & Chem Engr, Beijing 100081, Peoples R China, v. 14, n. 11, 2022.