

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO**

Iliane Colpo

**IMPLEMENTAÇÃO DE INICIATIVAS PARA A EXPANSÃO
SUSTENTÁVEL DE PARQUES INDUSTRIAIS E
TECNOLÓGICOS: O CASO DO PARQUE DE SANTA MARIA**

Santa Maria, RS, Brasil
2023

Iliane Colpo

**IMPLEMENTAÇÃO DE INICIATIVAS PARA A EXPANSÃO
SUSTENTÁVEL DE PARQUES INDUSTRIAIS E TECNOLÓGICOS: O CASO
DO PARQUE DE SANTA MARIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção. Área de ênfase do estudo Sustentabilidade Industrial.

Orientador: Prof. Dr. Mario Eduardo Santos Martins

Coorientador: Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto

Santa Maria, RS

2023

Colpo, Iliane
IMPLEMENTAÇÃO DE INICIATIVAS PARA A EXPANSÃO
SUSTENTÁVEL DE PARQUES INDUSTRIAIS E TECNOLÓGICOS: O CASO
DO PARQUE DE SANTA MARIA / Iliane Colpo.- 2023.
174 p.; 30 cm

Orientador: Mario Eduardo dos Santos Martins
Coorientador: Miguel Afonso Sellitto
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Produção, RS, 2023

1. Implementação 2. Iniciativas 3. Parques Industriais
4. Simbiose Industrial 5. Sustentabilidade I. dos Santos
Martins, Mario Eduardo II. Sellitto, Miguel Afonso III.
Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, ILIANE COLPO, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Tese) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura e outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

Iliane Colpo

**IMPLEMENTAÇÃO DE INICIATIVAS PARA A EXPANSÃO
SUSTENTÁVEL DE PARQUES INDUSTRIAIS E TECNOLÓGICOS: O CASO
DO PARQUE DE SANTA MARIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção do título de Doutora em Engenharia de Produção. Área de ênfase do estudo Sustentabilidade Industrial.

Aprovado em 21 de agosto de 2023:

**Mario Eduardo dos Santos Martins, Dr. (UFSM)
Presidente/ Orientador**

**Miguel Afonso Sellitto, Dr. (UNISINOS)
Coorientador**

**Elpídio Oscar Benitez Nara, Dr.
(PUC-PR)**

**Dr. Radu Godina, Dr.
(UNL)**

**Julio Cezar Mairesse Siluk, Dr.
(UFSM)**

**Álvaro Neuenfeldt Júnior, Dr.
(UFSM)**

Santa Maria, RS
2023

RESUMO

IMPLEMENTAÇÃO DE INICIATIVAS PARA A EXPANSÃO SUSTENTÁVEL DE PARQUES INDUSTRIAIS E TECNOLÓGICOS: O CASO DO PARQUE DE SANTA MARIA

AUTORA: Iliane Colpo

ORIENTADOR: Prof. Dr. Mário Eduardo dos Santos Martins

COORIENTADOR: Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto

A industrialização traz diversas vantagens para a sociedade, como a criação de empregos e a melhoria da qualidade de vida por meio dos produtos fabricados. Além disso, impulsiona o crescimento econômico, a inovação e o progresso tecnológico. No entanto, as indústrias podem enfrentar problemas ao lidar com os resíduos e subprodutos resultantes de suas atividades, os quais nem sempre podem ser eliminados ou evitados. Os desafios são amplificados nos parques industriais, que concentram várias atividades, incluindo a necessidade do controle da poluição, de minimizar o impacto ambiental e de gerenciar efetivamente os resíduos. O desenvolvimento industrial e econômico está intimamente ligado à forma como as atividades industriais são inseridas no ambiente local. Portanto, ao planejar a expansão dos parques industriais, é crucial considerar suas estruturas e os setores que podem agregar valor nas esferas econômica, social e ambiental. É necessário romper com o modelo linear de produção e descarte ao adotar abordagens mais sustentáveis. A Simbiose Industrial emerge como um método que incorpora padrões comportamentais encontrados na natureza, especialmente no que diz respeito ao compartilhamento e à reutilização de recursos essenciais. Esse modelo simbiótico promove a circularidade dos insumos por meio da troca de materiais, resíduos, energia, água e serviços, reduzindo a extração de novos recursos do meio ambiente e mitigando os impactos ambientais, incluindo o descarte adequado dos resíduos. Ainda, a Simbiose Industrial traz benefícios econômicos e competitividade para a rede de empresas envolvidas. Por isso, é considerada uma facilitadora do Desenvolvimento Sustentável e do modelo de Economia Circular. O estudo dessas soluções é especialmente relevante em parques industriais em fase de desenvolvimento, com áreas disponíveis para a alocação de novas empresas e atividades, onde a implementação da Simbiose Industrial ainda pode ser planejada. O objetivo desta tese é propor iniciativas que possam apoiar à implementação de Simbiose Industrial em parques industriais em fase de desenvolvimento. Para alcançar esse objetivo, utilizou-se o método do Estudo de Caso, focando no Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria e analisando as empresas presentes nele. Entrevistas, visitas técnicas, observações e simulações computacionais com o método de Monte Carlo foram empregados para atingir os objetivos propostos. Os resultados obtidos destacaram possibilidades de intercâmbio entre as indústrias e o surgimento de novos negócios. A inclusão de indústrias com a atividade de reprocessamento de resíduos evidenciou essas trocas, exigindo a criação de novos setores no Parque. Além disso, ao realizar análises econômico-financeiras e socioambientais de uma planta de reciclagem de plástico, foi possível identificar os benefícios sustentáveis da atividade. Para promover a implementação efetiva da Simbiose Industrial, este estudo propõe três iniciativas: a inclusão de uma central de sustentabilidade, a adoção de políticas públicas que priorizem a busca por indústrias que possam atuar como elos de ligação, e a criação de um coworking industrial voltado para negócios de uso ou reciclagem de resíduos.

Palavras-chave: Iniciativas. Implementação. Simbiose industrial. Parque industrial.

ABSTRACT

IMPLEMENTATION OF INITIATIVES FOR THE SUSTAINABLE EXPANSION OF INDUSTRIAL AND TECHNOLOGICAL PARKS: THE CASE OF SANTA MARIA PARK

AUTHOR: Iliane Colpo

ADVISOR: Dr. Mario Eduardo dos Santos Martins

CO-ADVISOR: Miguel Afonso Sellitto

Industrialization brings several advantages to society, such as creating jobs and improving the quality of life through the products manufactured. Furthermore, it drives economic growth, innovation and technological progress. However, industries may face problems when dealing with waste and by-products resulting from their activities, which cannot always be eliminated or avoided. The challenges are amplified in industrial parks, which concentrate several activities, including the need to control pollution, minimize environmental impact and effectively manage waste. Industrial and economic development is closely linked to the way in which industrial activities are inserted into the local environment. Therefore, when planning the expansion of industrial parks, it is crucial to consider their structures and the sectors that can add value in the economic, social and environmental spheres. It is necessary to break with the linear model of production and disposal by adopting more sustainable approaches. Industrial Symbiosis emerges as a tool that incorporates behavioral patterns found in nature, especially with regard to sharing and reusing essential resources. This symbiotic model promotes the circularity of inputs through the exchange of materials, waste, energy, water and services, reducing the extraction of new resources from the environment and mitigating environmental impacts, including the appropriate disposal of waste. Furthermore, Industrial Symbiosis brings economic benefits and competitiveness to the network of companies involved. Therefore, it is considered a facilitator of Sustainable Development and the Circular Economy model. The study of these solutions is especially relevant in industrial parks in the development phase, with areas available for the allocation of new companies and activities, where the implementation of Industrial Symbiosis can still be planned. The objective of this thesis is to present initiatives that can support the implementation of Industrial Symbiosis in industrial parks in the development phase. To achieve this objective, the Case Study method was used, focusing on the Santa Maria Industrial and Technological Park and analyzing the companies present there. Interviews, technical visits, observations and computer simulations using the Monte Carlo method were used to achieve the proposed objectives. The results obtained highlighted possibilities for exchange between industries and the emergence of new businesses. The inclusion of industries with waste reprocessing activities highlighted these exchanges, requiring the creation of new sectors in the Park. Furthermore, by carrying out economic-financial and socio-environmental analyzes of a plastic recycling plant, it was possible to identify the sustainable benefits of the activity. To promote the effective implementation of Industrial Symbiosis, this study proposes three initiatives: the inclusion of a sustainability center, the adoption of public policies that prioritize the search for industries that can act as connecting links, and the creation of an industrial coworking focused for waste use or recycling business.

Key words: Initiatives. Implementation. Industrial symbiosis. Industrial park.

AGRADECIMENTOS

Foram muitos aqueles que contribuíram para a execução desse trabalho, os quais eu gostar de expressar meus sinceros agradecimentos, em especial:

- Ao meu orientador, professor Doutor Mario dos Santos Martins, por ter aceito a tarefa de orientação, pela atenção, pelo aprendizado, paciência e dedicação neste longo percurso de quatro anos;
- Ao meu Coorientador, professor Miguel Afonso Sellitto, pela motivação, aprendizado e dedicação para a concretização desta jornada;
- Aos professores Doutores Júlio Cesar Mairesse Siluk, Álvaro Luiz Neuenfeldt Júnior, Elpidio Oscar Benitez Nara, e Radu Godina que aceitaram o convite para integrarem a banca de qualificação e de defesa da tese. Suas contribuições foram essenciais para o melhoramento da pesquisa;
- Aos amigos, Professor Doutor Sandro Augusto Bittencourt e a Mestra Adriana Gabbi pelo carinho e atenção nos momentos mais difíceis;
- As amigas de longa data por seu apoio e carinho: Denise R. Quatrin, Andréia Lima, Priscilla Teixeira Vivian e Aleksandra Romio.
- Aos gestores e colaboradores das empresas e instituições entrevistadas que gentilmente aceitaram fazer parte da pesquisa;
- Aos colegas e amigos do Setor de Importações e do DEMAPA que proporcionaram a possibilidade de realização do trabalho, em especial, à diretora Alessandra Bavaresco;
- A instituição UFSM, a qual tenho orgulho de ser parte;
- As secretarias do curso de Pós-graduação de Engenharia de Produção, Laura e Márcia, muito obrigada!
- Aos meus familiares, meu pai (em memória), minha mãe, meu irmão que mesmo distante do mundo acadêmico me apoiam. Ao meu companheiro Ben-Hur M. Appolinario que continua a me incentivar ao longo dos anos.
- E a pessoa mais importante da minha vida, que é fonte de motivação diária, minha filha Paula Colpo Appolinario a quem dedico este trabalho.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - CRESCIMENTO DO TEMA SIMBIOSE INDUSTRIAL NOS ÚLTIMOS 10 ANOS.....	18
FIGURA 2 – SUBÁREAS DA ECOLOGIA INDUSTRIAL NOS NÍVEIS DE ATUAÇÃO.....	23
FIGURA 3 – DESIGN DA REDE DE SIMBIOSE AGROINDUSTRIAL.....	29
FIGURA 4 - RELAÇÃO DA SI E DA EC.....	34
FIGURA 5 - PUBLICAÇÕES TRABALHOS SIMBIOSE INDUSTRIAL NO BRASIL.....	39
FIGURA 6 - COMPARAÇÃO BRASIL X CHINA.....	39
FIGURA 7 - HIERARQUIA DOS RESÍDUOS.....	47
FIGURA 8 - ORIGEM DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS E SUA DESTINAÇÃO.....	50
FIGURA 9 - LOCALIZAÇÃO DO PARQUE INDUSTRIAL E TECNOLÓGICO DE SANTA MARIA.....	60
FIGURA 10 - INSTALAÇÃO DE EMPRESAS NO PARQUE INDUSTRIAL POR DÉCADA.....	68
FIGURA 11 - DISTRIBUIÇÃO SETORES NO PARQUE.....	69
FIGURA 12 - DISTRIBUIÇÃO DA ÁREA DO PARQUE INDUSTRIAL E TECNOLÓGICO DE SANTA MARIA.....	72
FIGURA 13 - FLUXOGRAMA DOAÇÃO ONEROSA DOS LOTES.....	73
FIGURA 14 - USO E REUSO DE RESÍDUOS.....	91
FIGURA 15 – POSSIBILIDADES DE SINERGIA COM INCLUSÃO DE NOVOS NEGÓCIOS.....	92
FIGURA 16 - DESIGN DA RECICLAGEM DO PLÁSTICO.....	96
FIGURA 17 - CICLO DA RECICLAGEM PRIMÁRIA DO PET.....	97
FIGURA 18 – HISTOGRAMAS DAS VARIÁVEIS EM FAIXAS.....	103
FIGURA 19 - HISTOGRAMA POR BLOCO DO RESULTADO ECONÔMICO.....	106
FIGURA 20 – PROBABILIDADE DO VPL POSITIVO.....	108
FIGURA 21 - PROBABILIDADE DA TIR IGUAL OU SUPERIOR A TMA.....	108
FIGURA 22 – ANÁLISE DE SENSIBILIDADE – CENÁRIO 1.....	109
FIGURA 23 - PROBABILIDADE DO VPL POSITIVO – CENÁRIO 2.....	111
FIGURA 24 – PROBABILIDADE DA TIR SER IGUAL OU SUPERIOR A TMA.....	111
FIGURA 25- ANÁLISE DE SENSIBILIDADE CENÁRIO 2.....	112
FIGURA 26 – SÍNTESE DAS ETAPAS, AGENTES, AÇÕES E PAPÉIS NO PROCESSO DA SIMBIOSE.....	117
FIGURA 27 – FLUXOGRAMA DAS ETAPAS PARA APOIO DE INICIATIVAS DE SIMBIOSE INDUSTRIAL.....	119

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - DURAÇÃO E ENTIDADES ENTREVISTADAS.....	64
TABELA 2- QUANTIDADE, DURAÇÃO ENTREVISTA, SEGMENTO E PORTE DAS EMPRESAS	65
TABELA 3 - DADOS DE REFERÊNCIA PARA ANÁLISE.....	99
TABELA 4- CÁLCULO DA OFERTA DE RESÍDUOS.....	99
TABELA 5 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA DAS VARIÁVEIS EM FAIXAS.....	102
TABELA 6 – RESUMO DO CÁLCULO DAS LINHAS DO RESULTADO ECONÔMICO – MOEDA REAIS.....	105
TABELA 7 – RESUMO DO CÁLCULO DAS LINHAS DO RESULTADO ECONÔMICO – MOEDA USD.....	105
TABELA 8 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA RESULTADO ECONÔMICO.....	106
TABELA 9 – DEMONSTRATIVO CÁLCULO VPL, TIR E PAYBACK – CENÁRIO 1	107
TABELA 10 - DEMONSTRATIVO CÁLCULO VPL, TIR E PAYBACK – CENÁRIO 2.....	110
TABELA 11- RESULTADOS DOS INDICADORES FINANCEIROS.....	112
TABELA 12 – BALANÇO SOCIAL AJUSTADO.....	115

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - BARREIRAS PARA O DESENVOLVIMENTO DA SIMBIOSE INDUSTRIAL.....	31
QUADRO 2 - DESCRIÇÃO EMPRESA ÂNCORA, SETORES PARTICIPANTES E RESÍDUOS COMPARTILHADOS	42
QUADRO 3 - SIMBOLOGIA E APLICAÇÕES DO PLÁSTICO TIPO PET	49
QUADRO 4 - CATEGORIAS DE RECICLAGEM.....	51
QUADRO 5 - PROTOCOLO DE PESQUISA.....	58
QUADRO 6 - PARQUES E DISTRITOS INDUSTRIAIS CRIADOS NA DÉCADA DE 1970 NO RS	62
QUADRO 7 - PERFIL DAS EMPRESAS ENTREVISTADAS.....	76
QUADRO 8 - RESÍDUOS E SUAS DESTINAÇÕES.....	78
QUADRO 9 - IDENTIFICAÇÃO DAS FONTES DE ÁGUA E ENERGIA.....	80
QUADRO 10- RESÍDUOS IDENTIFICADOS NO PARQUE INDUSTRIAL.....	82
QUADRO 11- MATRIZ DE POSSÍVEIS SINERGIAS.....	84
QUADRO 12- POSSIBILIDADE DE NOVOS PRODUTOS E SETORES.....	93
QUADRO 13- ETAPAS E EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NO PROCESSO.....	98
QUADRO 14 - PROJEÇÃO DA REDUÇÃO DE IMPACTOS NO AMBIENTE.....	114
QUADRO 16 - PROJEÇÃO DA REDUÇÃO DE CO ₂ NA ATIVIDADE DE TRANSPORTE.....	114
QUADRO 17 - SÍNTESE DO PROJETO COWORKING.....	121

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	PROBLEMA	14
1.2	OBJETIVOS	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.2.2	Objetivos específicos	14
1.3	PREMISSAS DA PESQUISA	15
1.4	JUSTIFICATIVA	16
1.5	ESTRUTURA DA TESE	19
2	REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1	DA EXPANSÃO INDUSTRIAL E OS PARQUES INDUSTRIAIS	20
2.2	A ÁREA DA ECOLOGIA INDUSTRIAL	22
2.3	SIMBIOSE INDUSTRIAL: DEFINIÇÃO E A FORMAÇÃO DA REDE	24
2.3.1	Conceito e benefícios da rede	24
2.3.2	Aspectos da formação da rede – Simbiose planejada	26
2.4	IMPLEMENTAÇÃO, BARREIRAS E COMPORTAMENTO ENQUANTO SISTEMA DA SIMBIOSE INDUSTRIAL	28
2.4.1	Implementação da SI e desenvolvimento da simbiose	28
2.4.2	Barreiras e desafios na formação de redes simbióticas	30
2.4.3	A Simbiose enquanto sistema adaptativo complexo	32
2.5	CONEXÕES DA SIMBIOSE COM TEMÁTICAS EMERGENTES	33
2.5.1	Relação entre simbiose industrial e economia circular	33
2.5.2	Relação da simbiose industrial e o desenvolvimento sustentável	35
2.5.3	Desafios e oportunidades para as empresas ambientalmente amigáveis	37
2.6	ESTUDOS DE SIMBIOSE INDUSTRIAL NO BRASIL	38
2.6.1	Tendências das publicações	38
2.6.2	Aspectos dos estudos de simbiose no Brasil	40
2.7	RECICLAGEM – UM CAMINHO PARA A SIMBIOSE	46
2.7.1	Hierarquia da destinação dos resíduos	46
2.7.2	Os resíduos plásticos – origem e destinação	48
2.7.3	A reciclagem do plástico	50
2.7.4	Reciclagem: impactos ambientais e sociais	52
2.8	A ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA	54
3	METODOLOGIA	56
3.1	ABORDAGEM METODOLÓGICA	56
3.2	LOCAL DO ESTUDO	60
3.3	COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	63
3.3.1	Do Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria	63
3.3.2	Dos Resíduos, utilização de água e energia no Parque	64
3.3.3	Das oportunidades da Simbiose Industrial no Parque	65
3.3.4	Da Viabilidade econômica, impacto ambiental e social de uma recicladora	66
4	RESULTADOS	68
4.1	PARQUE INDUSTRIAL E TECNOLÓGICO DE SANTA MARIA	68
4.1.1	Desenvolvimento e política de expansão	68
4.1.2	O papel das associações e instituições	69
4.1.3	O papel da prefeitura e a destinação dos lotes	71
4.1.4	Estratégia de empreendedor no ramo de transformação dos resíduos	75

4.2	DOS RESÍDUOS, UTILIZAÇÃO DE ÁGUA E ENERGIA NO PARQUE.....	76
4.2.1	Perfil das empresas entrevistadas e o relacionamento com os resíduos.....	76
4.2.2	Principais resíduos e sua destinação.....	78
4.2.3	Da utilização da água, energia elétrica, estruturas físicas e de conhecimento.....	80
4.3	OPORTUNIDADES DA SIMBIOSE INDUSTRIAL NO PARQUE.....	81
4.3.1	Matriz de possibilidades de compartilhamento.....	81
4.3.2	Possibilidade de novos negócios com o fomento à simbiose.....	93
4.4	VIABILIDADE ECONÔMICA, IMPACTO AMBIENTAL E SOCIAL DE UMA RECICLADORA.....	95
4.4.1	Definição do resíduo e o método de reciclagem a ser utilizado.....	95
4.4.2	Viabilidade econômica da nova planta industrial.....	97
4.4.3	Dados utilizados no cálculo de viabilidade econômica da reciclagem.....	98
4.4.4	Geração do modelo Monte Carlo e análise econômica financeira.....	102
4.4.5	Análise dos benefícios ambientais e sociais.....	113
4.5	INICIATIVAS PARA APOIO À IMPLEMENTAÇÃO DA SIMBIOSE INDUSTRIAL.....	116
4.6	DISCUSSÕES.....	124
5	CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA.....	127
5.1	CONTRIBUIÇÕES SOCIAIS.....	127
5.2	CONTRIBUIÇÕES ECONÔMICAS.....	128
5.3	CONTRIBUIÇÕES EMPÍRICAS.....	129
5.4	CONTRIBUIÇÕES ACADÊMICAS.....	130
6	CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	131
6.1	CONCLUSÕES.....	131
6.2	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	133
	REFERÊNCIAS.....	136
	APÊNDICE A – CLASSIFICAÇÃO DOS PLÁSTICOS.....	165
	APÊNDICE B – QUESTÕES ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA.....	167
	APÊNDICE C – DADOS DO ESTUDO VIABILIDADE ECONÔMICA....	169
	APÊNDICE D – CÓDIGOS LANÇADOS NO RSTUDIO.....	172
	ANEXO A – TABELA SIMPLES NACIONAL (INDÚSTRIA).....	173
	ANEXO B - TARIFA MÉDIA (R\$/MWH).....	174

1 INTRODUÇÃO

A Revolução Industrial foi um processo histórico de impacto global que impulsionou a transformação de uma economia agrária para uma industrial. Trouxe avanços na agricultura e nos transportes, enorme produção de mercadorias, expansão da economia global, aumento do emprego e das fontes de renda, mudança no padrão de vida e o aumento do uso dos recursos naturais (MOHAJAN, 2019).

Neste último quesito, se sabe que o ambiente natural não fornece recursos de forma ilimitada e a pegada de carbono deixada nas últimas décadas põe em risco a sustentabilidade das próximas gerações (VELENTURF; PURNELL, 2021). E que a extração de recursos naturais é necessária para suprir a demanda por matérias-primas em função da forma linear de consumo, das altas taxas de industrialização e do aumento da população mundial (LEE et al., 2018).

À medida que esse cenário se desenvolve, a preocupação com as questões ambientais e a escassez de recursos naturais tem se tornado cada vez mais urgente. Uma prova das implicações deste modo de vida são as mudanças climáticas, que impactam a vida humana de várias maneiras, desde alteração dos fenômenos naturais e eventos climáticos extremos (ZACHARIADIS, 2016), até a produtividade de culturas e, conseqüentemente, a disponibilidade de alimentos (WHEELER; VON BRAUN, 2013).

Em sequência, a atividade industrial está centrada na extração e/ou no uso de recursos naturais em um sistema de produção linear. Durante o período de 1970 a 2017, a extração de materiais em nível global triplicou (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2022). Este fato, e as conseqüências que provocam, tem gerado pressões sociais e econômicas, que por sua vez, impulsionam o desenvolvimento de uma cultura empresarial sustentável como forma de minimizar o impacto negativo sobre o meio ambiente (BAAH et al., 2021; EESLEY; LENOX, 2006; KUMAR MITTAL; SINGH SANGWAN, 2013).

Adicionalmente, o processo de industrialização e o desenvolvimento econômico regional estão relacionados às formas e às dinâmicas de inserção de indústrias no território (MAGRINI; ELABRAS VEIGA, 2018). Aliado ao fato que, a implantação ou desenvolvimento (expansão) de um parque sem o devido cuidado ambiental causa um intenso distúrbio à estabilidade dos ecossistemas naturais (LE TELLIER et al., 2022).

Ademais, o crescimento econômico deve ser integrado com o bem-estar social e ambiental, considerando o sistema produtivo como parte de um ecossistema (BERAWI, 2019). E, mesmo quando aglomerados em parques industriais, onde as oportunidades de sinergias são maiores, os principais desafios são o controle da poluição, o impacto ambiental e a gestão dos resíduos (LE TELLIER et al., 2022).

A área de Ecologia Industrial (EI) traz como possibilidades de resolução desses desafios a Simbiose Industrial (SI) e os Parques Industriais Ecológicos, também conhecidos como Ecoparques Industriais (MAGRINI; ELABRAS VEIGA, 2018). Os mesmos autores consideram a SI como um dos primeiros elementos que deve estar presente para a designação de Ecoparque Industrial. A Ecologia Industrial é vinculada à ideia de desenvolvimento sustentável, e seu surgimento relacionado à metáfora entre os ecossistemas naturais e industriais (HAN et al., 2021).

Han et al. (2021) dizem que o campo da EI busca prevenir e tratar a poluição em todo o processo fabril por meio de práticas como produção limpa, economia circular e simbiose industrial, visando alcançar o desenvolvimento verde. Por sua vez, a Simbiose Industrial se fundamenta nos sistemas de trocas existentes no meio ambiente para alcançar a redução do consumo de recursos naturais (CHERTOW, 2007). Deste modo, se apresenta como uma solução sustentável para os desafios no tratamento de resíduos industriais (WIELAND et al., 2020). Para isso, enfatiza a necessidade de sinergia entre as organizações no intercâmbio de resíduos, serviços e conhecimentos (CHERTOW, 2000). A otimização da SI não obtém apenas benefícios ambientais, mas também intensifica o bem-estar social e proporciona ganhos econômicos para as empresas integrantes da rede simbiótica, por meio do reuso e reaproveitamento facilitados pelo relacionamento entre as partes (CHERTOW; PARK, 2016).

Pesquisas confirmam que as empresas podem se beneficiar ao buscar soluções sustentáveis. Isso porque ao implementar soluções sustentáveis criam-se oportunidades para atrair novos clientes, colaborar com parceiros e desenvolver novos modelos de negócios mais sustentáveis e colaborativos (BOCKEN et al., 2014; BOONS; LÜDEKE-FREUND, 2013; CURTIS; MONT, 2020; GEISSDOERFER et al., 2018; PEDERSEN et al., 2021; SILVESTRE; ȚÎRCĂ, 2019). Desta forma, a inserção de um modelo de Simbiose Industrial Planejada em parques industriais existentes, pode trazer benefícios às indústrias presentes no local e, ao mesmo tempo, ser uma aliada do poder público na busca da inserção de novos negócios, indústrias sustentáveis, e atração de investimentos.

Chertow e Ehrenfeld (2012) destacaram que os parques industriais existentes são mais adaptáveis e responsivos às mudanças do que os pré-planejados. Adaptá-los por meio de políticas é mais benéfico que criar novos parques eco industriais (CHERTOW, 2007).

A própria legislação brasileira, pelo decreto 10.936 de 2022, que regulamentou a Política Nacional de Resíduos Sólidos, enfatiza a obrigatoriedade do descarte responsável e destaca formas de reuso e reciclagem como prioritárias no que se refere à destinação e tratamento dos resíduos das indústrias (BRASIL, 2022). O reuso e a reciclagem são práticas comuns na rede simbiótica. E sabe-se que as políticas públicas podem acelerar essas práticas, incentivando áreas como a da Simbiose Industrial. A pesquisa de Zhou, Tang e Zhang (2020) indica que o financiamento verde pode melhorar significativamente a relação entre desenvolvimento econômico e qualidade ambiental, criando uma situação de “ganha-ganha” para ambos. Isso evidencia o papel das finanças verdes (ou finanças sustentáveis, como também são conhecidas) na promoção do desenvolvimento econômico. As finanças verdes envolvem a alocação de recursos financeiros em atividades que contribuem para a sustentabilidade (ZHOU; TANG; ZHANG, 2020).

Outra questão relacionada à Simbiose Industrial é ser vista como uma estratégia para promover o Desenvolvimento Sustentável, especialmente em conglomerados industriais de natureza regional. A SI é reconhecida como uma ferramenta essencial para promover o desenvolvimento verde nos parques industriais (XUE et al., 2023). Desde 2015, o Pacote de Economia Circular desenvolvido pela Comissão Europeia tem promovido a Simbiose Industrial como parte da proposta de tratamento de resíduos (RAGAERT; DELVA; VAN GEEM, 2017). E pode ser uma ferramenta valiosa para impulsionar a atividade industrial, desde que tenha a sustentabilidade como ponto central de sua abordagem estratégica (PORTUGAL JÚNIOR; REYDON; PORTUGAL, 2012).

Contudo, em países com economias emergentes ou em desenvolvimento, esses conceitos ainda são recentes (SOUZA et al., 2020), havendo uma carência de estudos que colaborem para a adoção de práticas avançadas de gestão ambiental e de sustentabilidade (MAHMOOD; KOUSER; MASUD, 2019; SOUSA JABBOUR DE et al., 2013), assim como de pesquisas que examinem a dinâmica da Simbiose Industrial nessas regiões (PARK; DUQUE-HERNÁNDEZ; DÍAZ-POSADA, 2018).

Em complemento, nestes países, como o Brasil, é relevante o estudo de como implementar a Simbiose Industrial em parques industriais existentes mas que ainda tem espaço para a alocação de mais empresas e atividades. Nesta tese, designa-se como

parques industriais em fase de desenvolvimento, os parques que são existentes, já fundados oficialmente (PREFEITURA MUNICIPAL DE CANOAS, 2023; RODRIGUES; RIBEIRO, 2022; SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, 2023), mas que o crescimento (em número de empresas, atividades e geração de empregos e renda) se apresenta de forma lenta ao longo do tempo (BATAGLIA; COSTA; GALVAO JUNIOR, 2023 OLIVEIRA, 2022; PINHEIRO et al, 2020) e que possuem área disponível para a alocação de novas indústrias e atividades.

Neste caso, é possível planejar a Simbiose Industrial considerando as atividades e negócios já existentes nos locais. Isso pode promover uma gestão de resíduos compartilhada e de criação de valor para as empresas, para o parque como um todo e consequentemente para a sociedade.

1.1 PROBLEMA

Como implementar a Simbiose Industrial em parques industriais em fase de desenvolvimento?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Propor iniciativas para apoiar à implementação de Simbiose Industrial em parques industriais em fase de desenvolvimento.

1.2.2 Objetivos específicos

- Descrever a política administrativa e de inserção de novas empresas de um parque industrial;
- Entender o contexto da gestão de resíduos e do uso de recursos renováveis de um parque industrial;
- Identificar as atividades empresariais locais e a matriz de sinergia por meio dos fluxos de entrada e saída dos resíduos;
- Avaliar o impacto econômico, ambiental e social de uma atividade industrial - elo de ligação entre empresas;

1.3 PREMISSAS DA PESQUISA

Foram estabelecidas três premissas norteadas pelo problema da pesquisa. A primeira premissa afirma: O desenvolvimento de parques industriais pode impulsionar o crescimento econômico de uma região.

Esta premissa se justifica uma vez que numa economia globalizada o desenvolvimento dos parques industriais impulsiona o crescimento regional e nacional. Isso porque parques industriais desenvolvidos possuem um papel significativo na atração de investimentos, impulsionam a inovação, resolvendo problemas de emprego, renda e estimulam as economias locais (Kahn et al., 2021). O desenvolvimento de parques industriais (PI) tem sido uma prática importante para o desenvolvimento econômico regional para diversas geografias (Susur; Hidalgo e Chiaroni, 2019).

Esta afirmação explica o interesse dos governos, em especial nos países em desenvolvimento, na criação de parques industriais, buscando o desenvolvimento da região (Yang, 2018; Sun et al., 2020).

A segunda premissa está relacionada às oportunidades de relacionamentos ou de precursores da Simbiose Industrial e afirma:

b) São identificadas possibilidades de relacionamentos ou precursores de Simbiose Industrial no Parque;

Pesquisas evidenciam a possibilidade de trocas oportunizadas em função das atividades industriais presentes em zonas e regiões industriais (ELMASSAH, 2018; MIYAMOTO; COSTA; CANDIANI, 2022; NERI et al., 2023; PATRICIO et al., 2018, 2022) ou com a inclusão de atividades de reciclagem ou beneficiamento dos resíduos (COLPO; FUNCK; MARTINS, 2022). Diversos estudos ao longo do tempo também analisaram e encontraram possibilidades de SI no Brasil nos mais variados setores. Dentre eles se evidenciam os trabalhos de Batista et al. (2020), Sant'ana et al. (2019), Santos et al. (2019), Santos e Magrini (2018), Freitas et al. (2018), Machado et al. (2015), Campos, Fonseca e Morais (2014), Souza et al. (2012), Mathews et al. (2011), Lima Junior et al. (2010), Ometto, Ramos e Lombardi (2007), Von Agner et al. (2005), Giannetti, Bonilla e Almeida (2004), Costa e Schaeffer (1997).

Já a terceira premissa é justificada em função dos benefícios econômico, social e ambiental que o processo da Simbiose Industrial pode promover. Ela afirma que:

c) A Simbiose Industrial contribui para o crescimento sustentável do Parque;

O trabalho de Wadstron, Johansson e Wallen (2021), por exemplo, analisou os benefícios em 56 pesquisas. Os autores constataram que a SI impacta nas operações industriais tornando-as mais sustentáveis e isso, também reflete na conservação regional e na redução de resíduos industriais. A Simbiose Industrial é considerada uma das soluções eficazes para reduzir o impacto das emissões de resíduos e do consumo de insumos primários rumo a modelos de produção sustentáveis (YAZAN; ROMANO; ALBINO, 2016). Além disso, a SI melhora a sustentabilidade regional através de colaboração entre firmas para uso mais eficiente de materiais e energia, com uso consciente dos recursos (ZHU; RUTH, 2014). Ou ainda, conforme a afirmação dos pesquisadores Chertow (2007) e Jensen et al. (2011), que a SI possibilita ganhos econômicos e ambientais para o país e para as empresas que participam desta. E, Xue et al. (2023) que veem na SI uma ferramenta para alcançar o desenvolvimento verde nos parques industriais.

1.4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DA PESQUISA

Esta tese tem seu escopo voltado para parques industriais, classificados nesta tese no status de “em desenvolvimento”. Essa classificação é explicada na introdução do trabalho. Justifica-se o interesse por esta fase em função de ser uma fase crítica para o sucesso dos parques industriais. Na fase de implementação, nos primeiros anos de criação o apoio governamental e da sociedade tende a ser mais visível. Com o decorrer do tempo, se o local não atinge o número de empresas e negócios esperado, aliado com a troca de governo, o mesmo não recebe mais a mesma atenção inicial (MAGRINI; ELABRAS VEIGA, 2018, MAGRINI; TRAMA, 2018). Este fato, entre outros, pode acarretar um desenvolvimento lento do local, sendo incentivado em momentos específicos mas sem uma política e investimentos permanentes até chegar ao estágio pleno. Entende-se estágio pleno de desenvolvimento quando o mesmo tem todos seus lotes ocupados, e ainda há necessidade da busca por expansão, visto que existem empresas interessadas em ocupar

o local. Dois exemplos de parques industriais considerados por este trabalho como desenvolvidos são: O Distrito Industrial de Gravataí, Cachoeirinha e o Parque Industrial de Canoas (PREFEITURA MUNICIPAL DE CANOAS, 2023; RODRIGUES; RIBEIRO, 2022; SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, 2023)

Isso só acontece quando as empresas visualizam benefícios na implantação de suas plantas no local (COMITÊ DE FOMENTO INDUSTRIAL DO POLO, 2023; GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2017). A pesquisa se justifica pelos diversos benefícios que a implementação de iniciativas da Simbiose Industrial pode trazer aos parques industriais em desenvolvimento, nas dimensões econômica, social e ambiental. No aspecto econômico, o estímulo à economia circular utilizando resíduos de uma indústria como matéria-prima de outra, valorização dos subprodutos ou resíduos, e do fortalecimento da competitividade por meio da cooperação, troca de conhecimentos, tecnologias e recursos. Também é possível destacar de forma mais objetiva a criação de novos negócios, setores, indústrias e a atração de investimentos para os parques.

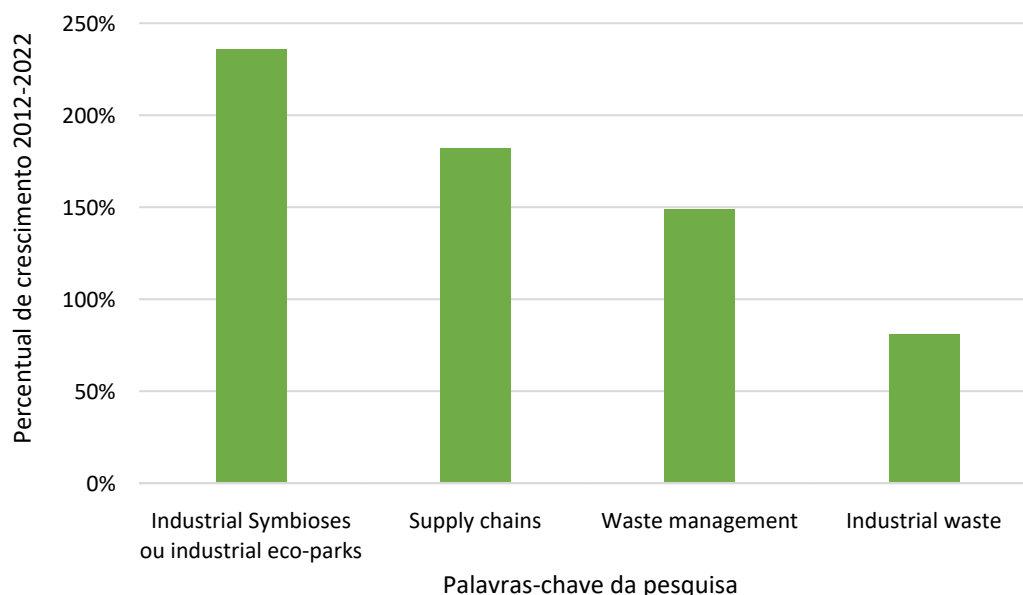
Este trabalho é relevante no aspecto econômico e social pela importância do uso eficiente dos recursos públicos. Geralmente, na criação dos parques industriais são dispendidos recursos públicos, os quais se espera retornem futuramente em prol da sociedade. Desta forma, a não ocupação ou desenvolvimento adequado dessas áreas gera prejuízos à sociedade. A falta de ocupação prejudica a criação de empregos e o crescimento econômico local, podendo levar à deterioração da infraestrutura existente dependendo do tempo de espera até se chegar ao estágio de desenvolvimento pleno. Portanto, a pesquisa sugere iniciativas que apoiem à implementação da Simbiose Industrial em parques industriais em desenvolvimento, entendendo ser uma forma de otimizar o uso dos recursos públicos, promovendo o crescimento econômico e mitigando custos adicionais à sociedade.

No aspecto ambiental, a Simbiose Industrial desempenha um papel crucial na mitigação dos impactos gerados pelos processos produtivos, evitando danos ao meio ambiente e à população adjacente ao Parque Industrial, especialmente considerando sua localização nos limites de bairros residenciais, incluindo um dos mais populosos de Santa Maria. O desenvolvimento pleno e sustentável dos parques industriais tem impacto direto na qualidade de vida da população local, pois a diminuição ou a mitigação da geração de resíduos evita problemas como poluição do ar, solo e água, reduz os riscos à saúde humana e promove a proteção dos recursos naturais da região.

Ao transformar resíduos em subprodutos, ocorre uma diminuição direta na geração de resíduos nas indústrias. Além disso, os subprodutos podem ser utilizados como matéria-prima em outros processos produtivos, reduzindo a necessidade de extrair mais recursos naturais. Essa abordagem contribui para a preservação de ecossistemas e da biodiversidade, o que minimiza os impactos negativos sobre os habitats naturais. Adicionalmente, a Simbiose Industrial auxilia na redução das emissões de gases de efeito estufa, uma vez que a recuperação de resíduos resulta em uma menor geração desses gases em comparação com a produção original dos materiais.

No campo acadêmico, uma pesquisa na base *Scopus* dos últimos 10 anos (2012-2022) buscou identificar e comparar o crescimento das publicações de SI com outras temáticas de interesse. O percentual de crescimento calculado pode ser visualizado abaixo, na Figura 1. As palavras utilizadas para a pesquisa foram: “industrial symbiosis”, “industrial eco-parks”, “waste management”, “industrial waste” e “supply chain”. A pesquisa foi direcionada para: título, resumo e palavras-chaves.

Figura 1 - Crescimento do tema Simbiose Industrial nos últimos 10 anos



Todas as temáticas vistas tiveram um aumento considerável nos últimos 10 anos (2012-2022). Mas, quando comparada com grandes áreas, como a gestão de resíduos ou cadeias de suprimentos (*supply chains*), é possível evidenciar o destaque para a Simbiose

Industrial. Além de *Industrial Symbiosis*, foi incluída como palavra de busca a designação de industrial *eco-parks*, por se tratar de um espaço onde a SI é dita como um elemento para sua constituição.

Considerando apenas as palavras “Industrial Symbiosis” e “Industrial Eco-Parks” foram encontrados 1.326 trabalhos. Destes, a China se destaca com 189 publicações, seguido da Itália e Reino Unido, com 162 e 120, respectivamente. O Brasil aparece na 8ª colocação no período analisado. No quesito área de conhecimento, a engenharia ocupa o segundo lugar, com mais de 16% dos trabalhos. O primeiro lugar é ocupado pela área de ciência ambiental, com 24%. Desta forma, se entende que o tema escolhido é relevante para a comunidade acadêmica, científica e para a área de engenharia.

No âmbito científico, o estudo avança ao investigar a Simbiose Industrial no contexto da expansão sustentável em parques industriais em desenvolvimento, com o caso do Parque de Santa Maria – RS. Fornece perspectivas e embasamento teórico para pesquisas futuras. No Brasil, a Ecologia Industrial e a Simbiose Industrial são temas com grande potencial acadêmico, porém pouco explorados no meio empresarial (KRAVCHENKO; PASQUALETTO; FERREIRA, 2016; OMETTO; RAMOS; LOMBARDI, 2007; SANTOS; MAGRINI, 2018; SOUSA; SILVA, 2018; WAHRLICH; SIMIONI, 2019). Desta forma, o estudo também possibilita a divulgação de estudos de SI no Brasil.

1.5 ESTRUTURA DA TESE

A estrutura desta tese é composta por seis capítulos, nos quais são abordados aspectos específicos do tema de pesquisa. Cada capítulo se dedica a explorar um aspecto relevante do tema e contribuir para uma compreensão mais aprofundada do assunto.

O Capítulo 1 apresenta a introdução e descreve o contexto da pesquisa. O Capítulo 2 consiste em uma revisão da literatura, examinando conceitos e bases teóricas relacionados aos objetivos específicos. E está dividido em oito seções que contemplam os assuntos apresentados nos resultados.

O Capítulo 3 descreve a metodologia adotada, detalhando o método e os procedimentos do trabalho. No Capítulo 4, são apresentados os resultados da pesquisa e as discussões da pesquisa. O Capítulo 5 apresenta as contribuições da pesquisa. Já o 6 encerra a tese, abordando as conclusões e as considerações finais do trabalho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 DA EXPANSÃO INDUSTRIAL E OS PARQUES INDUSTRIAIS

A Revolução Industrial, iniciada no final do século XVIII na Inglaterra, foi um processo histórico de impacto global que impulsionou a transformação econômica de um modelo de economia agrária para uma industrial (MOHAJAN, 2019). Os historiadores econômicos chamam isso de mudança estrutural na esfera da economia industrial (O'BRIEN, 2017).

Grandes avanços tecnológicos, como a invenção da máquina a vapor pelo ferreiro inglês Thomas Newcomen (1664-1729) em 1712, criaram o início da era industrial moderna em todo o mundo (MOHAJAN, 2019). Pode-se dizer que essa invenção e outras de cunho tecnológico propiciaram a expansão maciça de cidades, indústrias e infraestrutura de todos os tipos (SACHS, 2005). Várias atividades industriais se desenvolveram durante este período. Foram muitos os avanços tecnológicos e invenções que melhoraram o fator total de produtividade (KHAN, 2008).

A Revolução Industrial teve um impacto significativo nas esferas econômica, social e política, gerando avanços notáveis na agricultura e nos sistemas de transporte, uma produção maciça de mercadorias, uma ampliação do comércio global, um aumento na oferta de empregos e a criação de novas fontes de renda para mulheres e crianças, além de ter transformado os padrões de vida (MOHAJAN, 2019).

Entretanto, o mesmo autor destaca que, embora a Revolução Industrial tenha tido sucessos ilimitados, ela também teve alguns efeitos negativos, como aumento de trabalhadores não qualificados, do trabalho feminino e infantil em situação anti-higiênicas e de risco, do tráfico de escravos, o rápido aumento da poluição ambiental e esgotamento gradual dos recursos naturais.

Para mitigar os problemas de saúde da população, decorrentes dos efeitos negativos das indústrias em áreas residenciais, foram estabelecidas zonas industriais afastadas dos centros urbanos, proporcionando uma solução temporária para a poluição fabril e outros impactos ambientais (LE TELLIER et al., 2022). No mesmo trabalho, os autores ajudam a distinguir os conceitos de distrito industrial e parque industrial. Essa distinção é importante para esta pesquisa, uma vez que o local do estudo foi inicialmente

designado como distrito industrial e só em 2020 passou a ser chamado de parque industrial.

O “Distrito” foi estabelecido como um conceito geográfico devido à localização de empresas em zonas distritais distantes dos grandes centros urbanos, afastando a população da poluição causada pelo processo fabril. E “Parque industrial”, um conceito difundido na década de 1950, na Europa e Estados Unidos (LE TELLIER et al., 2022).

A Organização das Nações Unidas (ONU) estabeleceu que distritos ou zonas industriais são grandes extensões de terra subdivididas e desenvolvidas com a finalidade de alocar diversas empresas, aproximando-as e permitindo que compartilhem a mesma infraestrutura (Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial, 1997). A Comissão Especial dos Distritos Industriais, criada no Rio Grande do Sul em 1969, acrescenta que os mesmos são “criados e planejados com a finalidade de local indústrias e onde o governo exerce autoridade administrativa, no que se refere à implantação e expansão das indústrias e o suporte retro-industrial necessário” (ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO RIO GRANDE DO SUL, 1970, p. 19).

Diferentemente da concepção de parques industriais ou zonas industriais, o Ecoparque ou Parque Ecológico Industrial (PEI) inclui, já na sua concepção e planejamento, a sustentabilidade envolvendo o conjunto comunidade, indústrias, meio ambiente, cooperação e confiança; e não apenas um grupo de empresas co-localizadas que operam de forma individual (MAGRINI; ELABRAS VEIGA, 2018).

Ecoparques podem ser ditos como sistemas organizacionais da ecologia industrial, onde ocorre a interconexão ecológica pelas teias alimentares entre as empresas, em que uma empresa utiliza como recurso os resíduos ou subprodutos de outra (EHRENFELD, 1997).

No local de estudo desta pesquisa, também está presente um Parque Tecnológico. As expressões “parque tecnológico”, “tecnopólo”, “parque de pesquisa” e “parque científico” abrangem um conceito amplo e são intercambiáveis dentro dessa definição (IASP, 2023). Os primeiros parques tecnológicos relatados na literatura são o Stanford Research Park, que auxiliou na criação do Vale do Silício (Estados Unidos) na década de 1950, o Sophia Antipolis (França) na década de 1960 e o Tsukuba Science City (Japão) na década de 1970 (SANDOVAL HAMÓN et al., 2022).

A *International Association of Science Parks* (IASP), com sede na Espanha e representante global, define Parque Tecnológico como (IASP, 2023):

Organização administrada por profissionais especializados, cujo principal objetivo é aumentar a riqueza da comunidade através da promoção da cultura da inovação e da competitividade das empresas e das instituições baseadas em conhecimento a elas associadas. Para garantir que esses objetivos serão alcançados, o parque científico estimula e administra o fluxo de conhecimento e tecnologia entre empresas e mercados; facilita a criação e o crescimento de empresas de base tecnológica através de processos de incubação e de spin-offs; e provê outros serviços de valor agregado junto com espaços de alta qualidade e facilidades.

Desta forma, os parques tecnológicos funcionam como centros de atualização e transferência de tecnologia (KONAREV; KONSTANTINOVA, 2019). Eles são infraestruturas que desenvolvem ecossistemas de inovação e mecanismos institucionais que estimulam o desenvolvimento local e regional, integrando agentes públicos, privados e acadêmicos (AUDY, 2016). A próxima seção, 2.2, discute a área da Ecologia Industrial, da qual a Simbiose Industrial é uma subárea.

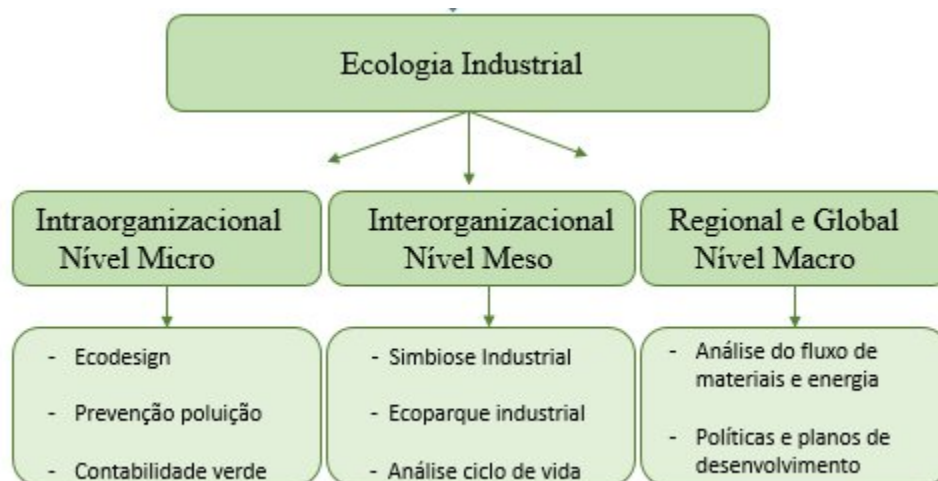
2.2 A ÁREA DA ECOLOGIA INDUSTRIAL

A Ecologia Industrial surge de um esforço para dar sentido às relações entre o ambiente natural e o sistema humano, buscando compreender e, ao mesmo tempo, reduzir impactos negativos resultantes dessa interação (CHESTER, 2020). O interesse da área reside em investigar de que forma os sistemas socioeconômicos extraem, transformam, utilizam e descartam recursos naturais para produzir, reproduzir e operar o sistema humano (WIELAND et al., 2020). Os autores dizem que a análise de entrada e saída é um dos pilares metodológicos centrais da ecologia industrial.

Um tema central da Ecologia Industrial é fechar os laços de realimentação por meio da reciclagem interempresas de subprodutos, seja em redes de reciclagem industrial ou na Simbiose Industrial (POSCH, 2010).

No estudo dos fluxos de material e energia, a Ecologia Industrial se concentra desde o planejamento, projeto e avaliação do ciclo de vida dos produtos; no *ecodesign*; na responsabilidade; na administração de produtos; e na conexão entre instalações industriais - Simbiose Industrial (EDGEMAN; WU; LAASCH, 2013). Também, é possível estabelecer níveis de atuação e avaliação da Ecologia Industrial: esses são divididos pela abrangência de atuação em micro, no nível organizacional; em meso, em redes interorganizacionais; e macro, ao nível regional e global (CHERTOW, 2000). A Figura 2 apresenta as subáreas nos níveis de atuação da EI.

Figura 2 – Subáreas da Ecologia Industrial nos níveis de atuação



Fonte: Adaptado Chertow (2000)

Entretanto, um dos desafios que está na aplicação da EI é como contribuir de forma mais assertiva para a tomada de decisões políticas e de negócios. Em virtude disso, alguns esforços foram realizados nesta direção. Por exemplo, a Bienal da *International Society for Industrial Ecology* em Pequim teve como tema central os instrumentos de política e uma proposta da Assembleia Geral Ordinária que preconiza a transformação da pesquisa em ação (ZHU, 2020). Ehrenfeld (1997) entende que uma razão para a dificuldade na implementação da Ecologia Industrial reside no fato de que as ideias na economia tendem a favorecer o ciclo aberto no uso de materiais, divergindo assim do modelo circular e fechado proposto pela Ecologia Industrial.

Apesar dos desafios, os métodos e os sistemas orientados pelos preceitos da EI estão bem posicionados para apoiar os esforços de adaptação em regiões em desenvolvimento. São pressupostos para melhorar o desempenho ambiental das indústrias, preservar o meio ambiente e aumentar o sucesso do negócio (JIA et al., 2016). A disseminação do conceito de Desenvolvimento Sustentável motiva a evolução do campo da EI, pois essa abordagem permite que as empresas explorem seus produtos e recursos, incluindo resíduos de maneira mais eficiente e lucrativa, ao mesmo tempo em que gera riqueza com menor impacto ambiental (EHRENFELD, 1997).

Desta maneira, a EI tem sido explorada em pesquisas com diferentes abordagens e abrangências, como na implementação em cidades portuárias (CERCEAU et al., 2014), na tecnologia e nas mudanças climáticas (KORHONEN; SAVOLAINEN; OHLSTRÖM,

2004), na adaptação às mudanças climáticas (KENDALL; SPANG, 2020), na avaliação de sustentabilidade (LIMA et al., 2021; WALKER et al., 2021), nas cadeias de abastecimento de empresas individuais (GOLDSTEIN; NEWELL, 2019) e nas políticas de desenvolvimento regional (MISHENIN et al., 2018). A próxima seção 2.3 aborda a temática específica da Simbiose Industrial, com sua definição e os aspectos da formação da rede.

2.3 SIMBIOSE INDUSTRIAL: DEFINIÇÃO E A FORMAÇÃO DA REDE

2.3.1 Conceito e benefícios da rede

A Simbiose Industrial tem sua essência nas ciências biológicas, utilizada para descrever uma relação harmoniosa que traz benefícios aos organismos vivos (ODUM; BARRET, 2011). Segundo Lawal (2021), o conceito foi inicialmente introduzido por Frosch e Gallopoulos em 1989 como parte de um ecossistema industrial hipotético. No mesmo ano, houve um caso concreto relatado pela imprensa internacional na Dinamarca, denominado “a simbiose industrial em Kalundborg” (CHERTOW, 2007).

A definição inicial de Simbiose Industrial foi descrita por Chertow (2000) e se refere ao engajamento entre indústrias, tradicionalmente separadas, no compartilhamento de materiais, energia, água e subprodutos, com a finalidade de obter vantagem competitiva. Esse conceito foi atualizado e passou a incluir a possibilidade de fomentar aecoinovação (TSENG; BUI, 2017) e promover a mudança cultural a longo prazo, alterando o atual sistema produtivo baseado na economia linear para um modelo circular que reduza o uso dos recursos naturais (LOMBARDI; LAYBOURN, 2012).

No entanto, Chertow (2007) destaca um ponto importante para o entendimento do que é a Simbiose Industrial. De acordo com a pesquisadora, a simples compra e venda ou troca de recursos, como sucatas ou roupas, não são considerados exemplos de Simbiose Industrial. Ela adota uma heurística 3-2 como ponto de partida, onde pelo menos três entidades diferentes devem estar envolvidas na troca de um mínimo de dois recursos diferentes, sem que nenhum deles seja destinado à reciclagem, promovendo relacionamentos complexos em vez de lineares. Porém, a autora ressalta que exemplos de conexões que têm potencial de expansão, com trocas bilaterais, podem ser considerados como precursores ou núcleos da SI.

Magrini e Elabras Veiga (2018) contribuem distinguindo Simbiose Industrial e Ecoparques. As autoras se baseiam nos conceitos clássicos de Chertow (2000) e Lowe (1997). A primeira se trata do intercâmbio de resíduos, água e energia em nível local ou regional, com a articulação para que as indústrias operem de forma coletiva. O segundo trata de uma comunidade de empresas que trabalham em conjunto e visam obter benefícios coletivos. A partir desses conceitos e dos demais citados, se pode entender que um Ecoparque possui a Simbiose Industrial como um de seus elementos. No entanto, a existência de uma rede de SI num parque industrial por si só não reflete um Ecoparque.

Embora a Simbiose Industrial tenha conceitualmente maior ênfase no relacionamento e nas trocas de recursos físicos, materiais, de água e energia, o compartilhamento de conhecimento, estruturas físicas, força de trabalho, logística ou acordos entre empresas que gerem eficiência de recursos também deve ser considerado como SI (BEERS et al., 2008; BOIX et al., 2015; BUTTURI et al., 2019; CAO et al., 2020; JENSEN et al., 2011; LOMBARDI; LAYBOURN, 2012; MATTILA; PAKARINEN; SOKKA, 2010).

Em suma, a Simbiose Industrial consiste na otimização de recursos coletivos por meio de trocas de subprodutos entre diferentes entidades (RAHMAN; ISLAM; ISLAM, 2016; ZHE et al., 2016). Ela utiliza, de forma produtiva, o fluxo de resíduos que não são mais úteis para uma empresa, direcionando-os como entrada para outro fabricante (SHI, 2017), reduzindo assim a dependência de recursos naturais (HUANG; ZHEN; YIN, 2020). A Simbiose Industrial pode envolver o uso do resíduo de uma indústria como insumo ou matéria-prima de outra, a reciclagem do resíduo para restaurar suas características originais, ou até mesmo, a tecnologia para converter o subproduto em novas matérias-primas ou insumos (PÉREZ-FORTES et al., 2016).

Não há dúvida de que a Simbiose Industrial forma uma rede de colaboração em nível local ou regional (HUANG; ZHEN; YIN, 2020), beneficiando o meio ambiente e gerando vantagens econômicas (CHERTOW; PARK, 2016). A Simbiose Industrial, diante de suas premissas, é uma facilitadora do Desenvolvimento Sustentável (WANG; DEUTZ; CHEN, 2017). Esta conexão em rede da SI gera vantagens competitivas (CHERTOW, 2000; NEVES et al., 2020), pois o processo de troca e intercâmbio entre as indústrias produz mais vantagens coletivas do que se todos os benefícios fossem conquistados individualmente (LAWAL et al., 2021). A rede de SI tem potencial para

contribuir de forma positiva para o desempenho ambiental das indústrias e para a situação socioeconômica de sua região (MARTIN, 2020; MARTIN; HARRIS, 2018).

Quanto ao compartilhamento de serviços, como o de energia, Afshari et al. (2020) afirmam que a Simbiose Energética é um componente-chave da Simbiose Industrial. Que ela pode reduzir a necessidade de combustíveis fósseis e recuperar a energia ao longo do processo produtivo. Já a pesquisa de Hu et al. (2020) avaliou a viabilidade técnica e econômica de um modelo de SI para compartilhamento de uma estação centralizada de tratamento de efluentes industriais em um parque industrial na China. Os resultados mostram que o modelo baseado nos preceitos da SI reduz, de modo geral, 20% os custos da estação de tratamento, além de apresentar potencial para mitigar as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em 5977 t CO₂-eq por ano. Isso representa 1,7% das emissões de GEE do modelo original. CO₂-eq é uma métrica que expressa a quantidade de gases em termos equivalentes ao dióxido de carbono (CO₂) (E-CYCLE, 2022).

Um caso famoso na literatura é o de Kalundborg, que é descrito como a primeira evidência prática divulgada. A Simbiose de Kalundborg é um exemplo de cooperação que se perpetua ao longo do tempo (VALENTINE, 2016). Nesse Ecoparque, são estabelecidas ligações entre as indústrias para o compartilhamento de energia, água e materiais, potencializando o desenvolvimento sustentável da região.

Já no aspecto acadêmico, Wang et al. (2019) propuseram uma divisão dos estudos sobre SI em três estágios. Na primeira fase (1989-2003), houve um foco nos aspectos conceituais, como a definição, os fundamentos e a estrutura da Simbiose Industrial. Na segunda fase (2004-2009), as pesquisas começaram a se concentrar em casos específicos, analisando exemplos concretos dessa prática. Posteriormente, na terceira fase (2010-2014), os trabalhos passaram a focar na avaliação de desempenho e na otimização de *design* relacionados à SI. Essa divisão dos estágios nos estudos reflete a evolução e o aprofundamento do conhecimento sobre o tema ao longo do tempo.

2.3.2 Aspectos da formação da rede – Simbiose planejada

Quanto aos aspectos de formação da rede, a teoria apresenta dois modelos: um planejado e um de SI auto organizado (CHERTOW, 2007). O estudo de Yu, Dijkema e Jong (2015) relata que o modelo planejado tem maior utilidade no estágio inicial de desenvolvimento da rede. Após, deve ser combinado com um modelo mais flexível para

atingir os objetivos propostos. A formação de uma rede simbiótica pode ser planejada com as indústrias sendo convidadas a fazerem parte do sistema ou emergir de uma oportunidade ou necessidade, como destacam Albino, Fraccascia e Giannoccaro (2016).

O encontro da oportunidade de sinergia pode surgir de uma correspondência em mecanismos de mercado livre com base no processo do fluxo de entrada e saída dos subprodutos ou na busca de otimização de um projeto ou rede (YEO et al., 2019). Porém, o que define o sucesso das relações são as normas da comunidade onde estão inseridas e a cooperação entre as empresas (BANSAL; MCKNIGHT, 2009). Em suma, a Simbiose depende da confiança entre os pares.

Chertow (2000) classifica a formação da SI de acordo com a localização dos pares, podendo ser aleatória dentro de empresas ou do mesmo grupo empresarial, entre empresas co-localizadas geograficamente ou entre empresas distantes. Destaca-se que as empresas localizadas em proximidade geográfica são mais propensas a adotar práticas sinérgicas (DOMENECH; DAVIES, 2011). Jensen et al. (2011) estimaram uma distância média de aproximadamente 33 km para os fluxos simbióticos nas sinergias facilitadas pelo Programa Nacional de Simbiose Industrial no Reino Unido. Já no estudo de Chen et al. (2012) sobre projetos de reciclagem em 23 eco cidades do Japão, essa distância variou de 15 a 80 km.

Pesquisas indicam que redes de empresas co-localizadas ou localizadas próximas potencializam a simbiose energética. Hiete, Ludwig e Schultmann (2012), por exemplo, observam dificuldades no uso integrado da energia devido à distância, além de citarem o gerenciamento, a cooperação e a confiança como questões potencializadas pela proximidade das empresas. Sterr e Ott (2004) argumentam que uma escala regional é mais favorável, pois é ampla o suficiente para oferecer oportunidades de trocas economicamente viáveis e, ao mesmo tempo, pequena para permitir comunicação e colaboração.

O estudo de Domenech et al. (2019) demonstrou o quanto a Europa tem expandindo de ações em direção a Simbiose e a Economia Circular nos últimos anos, com esforços conjuntos das entidades públicas e privadas. No estudo, os autores identificaram centros de atividade de SI em toda a Europa, com natureza, recursos, escala e escopo variados. O tamanho médio das redes mapeadas é de 473 membros, mas a mediana é de aproximadamente 100 membros, o que evidencia a alta variabilidade de tamanhos das redes formadas.

Baas e Boons (2004) entendem que um sistema de indústrias regionais passa por estágios distintos de eficiência e aprendizagem até chegar à condição de ser considerado um distrito sustentável. Chertow e Ehrenfeld (2012) definem quatro estágios distintos: germinação, descobrimento, imersão e institucionalização. Na próxima seção, 2.4, continua a explicação da Simbiose Industrial no aspecto de implementação das redes, das barreiras evidenciadas na literatura e da inserção da Simbiose Industrial como um Sistema Adaptativo Complexo.

2.4 IMPLEMENTAÇÃO, BARREIRAS E COMPORTAMENTO ENQUANTO SISTEMA DA SIMBIOSE INDUSTRIAL

2.4.1 Implementação da SI e desenvolvimento da simbiose

Para que a implementação da SI seja bem-sucedida, é necessário um planejamento coeso e estruturado (LANGE et al., 2017). Desta forma, os autores Yeo et al. (2019) evidenciam seis etapas no processo de implementação da SI:

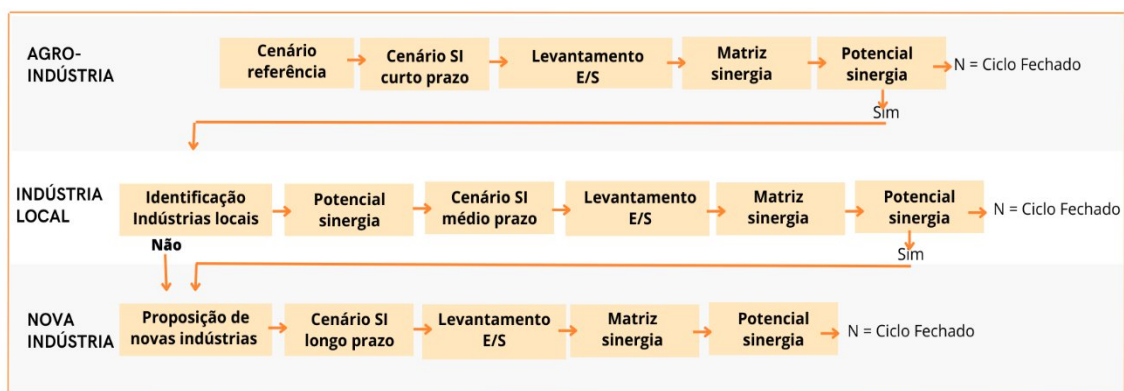
- Avaliação preliminar: serve para fornecer uma compreensão inicial geral das condições locais em que se pretende implementar a SI. Identificar empresas, necessidades, possíveis fluxos de resíduos e a política ambiental local;
- Envolvimento das empresas: O engajamento de negócios é considerado uma das atividades de criação de SI mais críticas na prática, sem a qual as etapas subsequentes não podem prosseguir. São considerados como pontos-chave estabelecer comunicação com as empresas, sensibilizar e gerar interesse e uma cultura de relacionamento positiva;
- Encontro de sinergia (oportunidade): Consiste em evidenciar as possíveis transações de SI que podem ocorrer entre o grupo de empresas incluídas na análise. Três tipos de ferramentas identificam possíveis vínculos: 1) Correspondência baseado em mecanismos de livre mercado; 2) Processo de correspondência baseado em fluxo de entrada-saída e 3) Projeto e otimização de redes;
- Viabilidade do negócio: Envolve o conhecimento prévio da viabilidade técnica, custos e benefícios das oportunidades. Tem por objetivo a remoção de barreiras não financeiras como a regulamentação da atividade. E o custo-benefício pode conotar custos e benefícios financeiros diretos (ou seja, receita), bem como não financeiros, como riscos, reputação, segurança de recursos;

- Implementação das transações: Refere-se à concretização das oportunidades da Simbiose Industrial em realidade;
- Documentação e Esforço: Registrar e comunicar o sucesso de empresas individuais e suas sinergias associadas após a implementação.

Conforme Elabras Veiga (2007), há diversos fatores que contribuem para a implementação bem-sucedida de uma Simbiose Industrial. Esses fatores incluem: existência de uma diversidade de indústrias presentes no mesmo local; disponibilidade de oferta e demanda de insumos por parte das empresas; interesse mútuo das partes envolvidas; fomento à cooperação entre as empresas; estabelecimento de parcerias e integração entre as indústrias; cultura organizacional favorável à colaboração e compartilhamento de recursos e conformidade com a legislação ambiental vigente. Esses elementos desempenham um papel fundamental na criação de condições propícias para a efetivação e operação eficiente de uma rede de sinergias industriais.

Elabras Veiga e Santos (2018) propõe uma estrutura para o planejamento de uma rede de simbiose agroindustrial em quatro cenários: de referência, de curto, médio e longo prazo. A Figura 3 apresenta o procedimento de planejamento proposto pelas autoras para o design da rede de simbiose agroindustrial.

Figura 3 – Design da rede de simbiose agroindustrial



Fonte: Adaptado de Elabras Veiga e Santos (2018)

Os cenários são desenvolvidos com base no levantamento de materiais e com o apoio da matriz de sinergia. Segundo as autoras, “a matriz de sinergia é uma ferramenta de design e gestão para o desenvolvimento de Redes de Simbiose” (ELABRAS VEIGA;

SANTOS, 2018, p. 77). Trata-se de uma tabela organizada em forma de matriz para identificar resíduos e oportunidades de trocas.

A implementação bem-sucedida da Simbiose Industrial requer a consideração de diversas variáveis. Estas incluem a presença de um membro âncora para liderar o processo, o apoio do estado, a heterogeneidade dos membros envolvidos, a cooperação entre empresas, universidades e centros de pesquisa, agências governamentais e a comunidade (BELLANTUONO; CARBONARA; PONTRANDOLFO, 2017). Sun et al. (2017) discutem a importância da ancoragem na Simbiose Industrial, em que uma empresa central atrai outros atores ao longo da cadeia de valor. Isso é uma abordagem comum na China, onde a dinâmica social do sistema é concentrada em atores centrais, chamados de âncoras. Ainda, Herczeg, Akkerman e Hauschild (2018) defendem a existência de uma empresa central para organizar a SI, para que não permaneçam todas as empresas na mesma hierarquia para a tomada de decisão e planejamento estratégico.

Já Menato et al. (2017) defendem a necessidade de um coordenador externo para otimizar o desempenho global da troca de fluxos. Os autores entendem que essa abordagem não leva em consideração o número de empresas envolvidas em cada fluxo, mas o número necessário para identificar oportunidades de simbiose e avaliar diferentes abordagens para a troca de fluxos. Kokoulina et al. (2019) destacam a importância da presença de empresas campeãs entre os agentes. Essas empresas se destacam pelo modo de gestão, estilo de liderança, ou forma de assumir riscos. Os autores dizem que estas empresas podem assumir papéis de poder, redes e colaboração, tecnologia e conhecimento no sistema de simbiose.

Considerando os interesses divergentes dos atores envolvidos, um pensamento coletivo, pautado pela responsabilidade e compromisso com o desenvolvimento sustentável, é essencial nas tomadas de decisões da Simbiose Industrial (YAZAN; ROMANO; ALBINO, 2016).

2.4.2 Barreiras e desafios na formação de redes simbióticas

Apesar da gama de benefícios apresentados, a SI enfrenta algumas barreiras que são empecilhos para seu desenvolvimento eficiente e evolução. Para seção 2.4.2 foi realizada uma busca utilizando as palavras-chave: “*barriers*” and “*Industrial Symbiosis*” no campo “*article title*” da plataforma *Scopus*, tipo de documento “*limited to article*”,

no período de 2018-2022. Foram encontrados 7 artigos, sendo que 2 não se tratavam da evidencição de barreiras da SI. Também foram utilizados, como fonte, referência cruzadas dos trabalhos selecionados. O Quadro 1 apresenta as barreiras para o desenvolvimento da Simbiose Industrial.

Quadro 1 – Barreiras para o desenvolvimento da Simbiose Industrial

Barreira	Autores
A falta de conhecimento e informação. Falta pesquisa. Não visualização de benefícios econômicos na SI/ Limitações de tempo.	Akhtar et al. (2022); Patricio et al. (2018); Boom-Cárcamo e Penãbaena-Niebles (2022); Colpo, Funck e Martins (2022); Sellitto et al. (2021); Henriques et al. (2021); Neves et al. (2019); Boons et al. (2017); Bacudio et al. (2016); Rodin e Moser (2021).
Sazonalidade da oferta dos resíduos ou pequena quantidade ou preços flutuantes resíduos	Akhtar et al. (2022); Paula e Abreu (2019); Colpo, Funck e Martins (2022); Boom-Cárcamo e Penãbaena-Niebles (2022); Sellitto et al. (2021).
Falta fiscalização. Baixas taxas sobre despejo de resíduos ou ausência de penalidades	Akhtar et al. (2022); Boom-Cárcamo e Penãbaena-Niebles (2022); Henriques et al. (2021).
Falta de empresas receptoras, falta de opções para destinação	Patricio et al. (2018); Freitas e Magrini (2017); Wahrlich e Simioni (2019).
Falta de investimentos/ financiamento/ Falta de inovação e tecnologias	Patricio et al. (2018), Boom-Cárcamo e Penãbaena-Niebles (2022); Corsini, Bernardi e Frey (2023) Henriques et al. (2021)
Custo para operacionalização da SI – Custos de armazenagem, logística	Patricio et al. (2018); Paula e Abreu (2019); Sellitto et al. (2021); Boom-Cárcamo e Penãbaena-Niebles (2022)
A falta de políticas favoráveis. Falta de regulamentação da SI	Boom-Cárcamo e Penãbaena-Niebles (2022); Corsini, Bernardi e Frey (2023).
Falta de confiança entre as partes/ receio de divulgação das informações (resíduos)	Boom-Cárcamo e Penãbaena-Niebles (2022); Neves et al. (2019); Rodin e Moser (2021); Marra, Mazzocchitti e Sarra (2018); Park, Duque-Hernández e Díaz-Posada (2018).

A falta de conhecimento, pesquisas e potencial aproveitamento dos resíduos é uma das barreiras que está presente em diversos estudos, como apresentado no Quadro 1. O desenvolvimento da Simbiose Industrial depende de um planejamento cuidadoso para evitar impactos negativos no desempenho e na evolução em eventos imprevistos ou divergências entre os participantes (ZHANG et al., 2016). A confiança mútua entre os membros envolvidos é fundamental, evitando que a empresa geradora do resíduo cobre preços elevados e que a demandante espere receber o resíduo de forma gratuita (PÄIVÄRINNE; HJELM; GUSTAFSSON, 2015).

2.4.3 A Simbiose enquanto sistema adaptativo complexo

Um sistema é um ente dinâmico, composto por indivíduos que tomam decisões e realizam projetos, regidos por normas, regras e valores, resultando em estruturas diferentes. E é dito um sistema complexo quando um grande número de variáveis compõem este sistema, incluindo agentes, decisões e aspectos sociais, ambientais, econômicos e temporais (MARTINELLI et al., 2012). Desta forma, sistemas sustentáveis são complexos, exibem detalhes e dinâmica complexa e representam uma forma de Sistemas Adaptativos Complexos (DEMARTINI; TONELLI; BERTANI, 2018). Este tipo de sistema envolve múltiplos setores e agentes, com comportamentos interagentes não-lineares e não-rationais, caracterizados por feedbacks e defasagens temporais (DEMARTINI; TONELLI; BERTANI, 2018).

Em Sistemas Adaptativos Complexos, são necessárias abordagens estratégicas radicalmente diferentes dos sistemas hierárquicos clássicos e estáveis, especialmente em contextos com falta de tradições de cooperação e confiança, em que uma liderança explícita ou implícita é frequentemente requerida para estimular e sustentar o desenvolvimento (GRUMADAITĖ; JUCEVIČIUS, 2022). Uma rede simbiótica opera como um sistema complexo adaptativo, sendo dinâmico e respondendo a *feedbacks* positivos e negativos, além de se adaptar a mudanças impostas pelo ambiente externo (CAMPAROTTI, 2020).

A SI não atua de forma isolada, mas influencia e é influenciada pelo ambiente externo. Embora haja colaboração entre os agentes, cada um possui suas próprias particularidades, e estes relacionamentos estabelecidos geram acordos que aumentam o nível de confiança, o que resulta em tomadas de decisão subjetivas entre as partes, tornando o sistema complexo e adaptativo (ROMERO; RUIZ, 2013).

Na próxima seção, 2.5, serão revisadas as conexões da Simbiose Industrial com temáticas emergentes: a relação com a Economia Circular, com o Desenvolvimento Sustentável e os desafios e oportunidades para as empresas ambientalmente amigáveis.

2.5 CONEXÕES DA SIMBIOSE COM TEMÁTICAS EMERGENTES

2.5.1 Relação entre simbiose industrial e economia circular

A Simbiose Industrial tem sua preocupação voltada para a cooperação entre empresas na gestão de recursos, formando um padrão de circuito fechado que está no centro do conceito de Economia Circular (EC) (MARTIN, 2020; MULROW et al., 2017). Segundo os autores Edgeman, Wu e Laasch (2013), o conceito de EC foi inicialmente proposto na China como uma forma de lidar com a disparidade entre o crescimento econômico e a escassez de materiais e energia, com base nos pressupostos da Ecologia Industrial e no processo de Simbiose Industrial.

A Economia Circular abrange simultaneamente as áreas econômica, ambiental e social, coletando ideias de diversos campos, incluindo a Simbiose Industrial (KORHONEN; HONKASALO; SEPPÄLÄ, 2018). De maneira geral, a Economia Circular resume várias correntes de pensamento, como *cradle to cradle*, biomimética, ecologia industrial, capitalismo industrial *blue economy*, e está sendo amplamente discutida e praticada em várias escalas, desde o nível de produto individual até as cadeias de abastecimento e a economia globalizada (MULROW et al., 2017).

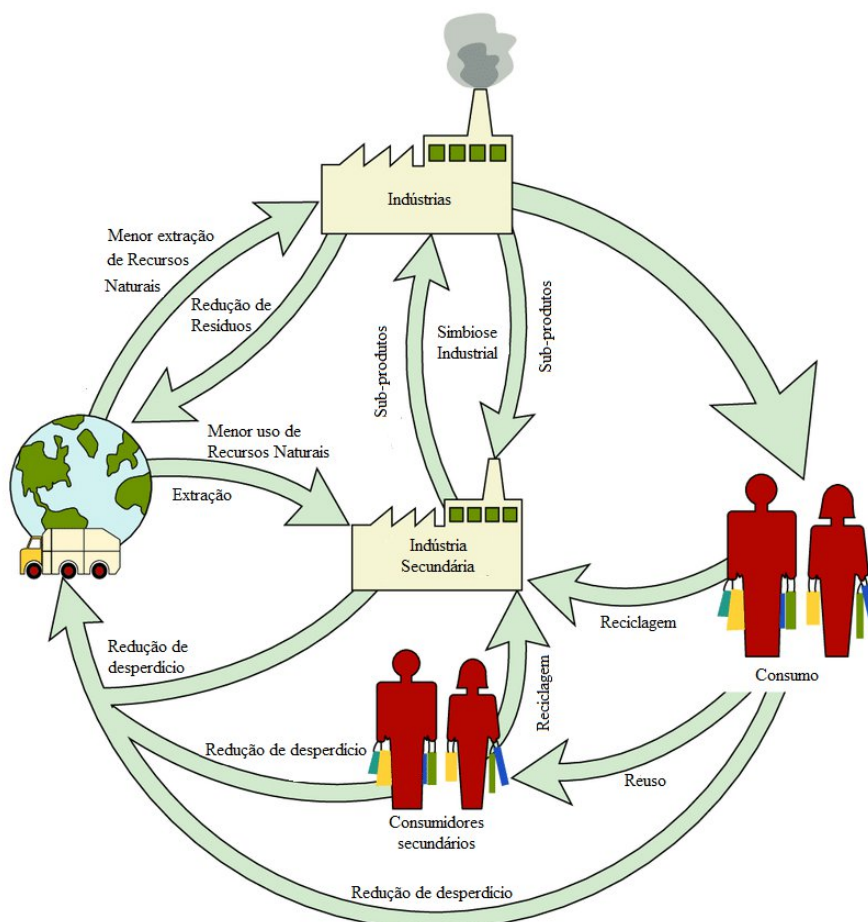
Em síntese, os princípios básicos da Economia Circular estão relacionados à otimização dos recursos (VAN LOON; VAN WASSENHOVE, 2018), aproveitamento máximo dos insumos e redução de resíduos (HAAS et al., 2015), regeneração dos materiais com foco na minimização dos danos ambientais e geração de valor para uma sociedade sustentável (REIKE; VERMEULEN; WITJES, 2018), uso eficiente dos recursos com reutilização em outras organizações como matéria-prima (GENG; SARKIS; ULGIATI, 2016; KOČÍ; ROCHA; ZAKUCIOVÁ, 2016), além de desvincular o desenvolvimento econômico do uso de recursos naturais (PAULIUK, 2018).

Kristensen e Mosgaard (2020) também argumentam que a SI pode ser uma forma de medir o processo de transição entre o modelo linear e circular no nível “meso” da EC. Apesar das diferenças entre os conceitos, todos buscam abordar soluções para os problemas ambientais (SAUVÉ; BERNARD; SLOAN, 2016).

Uma das diferenças entre as definições reside no fato que a Economia Circular abrange um ciclo completo, incluindo indústrias, recicladoras, consumidores secundários e finais, enquanto a Simbiose Industrial está relacionada com a produção, conectando

indústrias (LYBAEK; CHRISTENSEN; THOMSEN, 2020). A Figura 4 resume o papel da SI no ciclo da EC.

Figura 4 - Relação da SI e da EC



Fonte: Adaptado de Edgeman, Wu e Laasch (2013)

A Economia Circular é definida como um modelo econômico em que o comércio, a produção e o reprocessamento são planejados e gerenciados para maximizar o ecossistema e o bem-estar humano (MURRAY; SKENE; HAYNES, 2017). No Brasil, ela é respaldada pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que estabelece a responsabilidade compartilhada pela preservação do meio ambiente e responsabiliza os fabricantes pelo ciclo de vida de seus produtos. A PNRS também define as prioridades para a gestão de resíduos: não geração, redução, reaproveitamento, reciclagem, tratamento de resíduos sólidos e destinação adequada de resíduos (BRASIL, 2022). O

modelo de EC também é considerado um facilitador para o alcance do Desenvolvimento Sustentável (LUCAS et al., 2019).

2.5.2 Relação da simbiose industrial e o desenvolvimento sustentável

Erkman (1997) enfatiza que a Simbiose Industrial vai além de uma ideia teórica inteligente e cita o exemplo do Ecoparque Industrial da pequena cidade de Kalundborg, na Dinamarca, como evidência prática e viável de que a abordagem é um caminho para o desenvolvimento sustentável. Isto ocorre porque a SI, como parte da EI, estuda o sistema na perspectiva de material, energia e tecnologia, tanto dentro como fora do sistema industrial (LIEDER; RASHID, 2016). Erkman (1997) reflete que a Ecologia Industrial pode fornecer soluções objetivas para uma das perguntas cruciais discutidas na Cúpula do Rio-92: Como o conceito de Desenvolvimento Sustentável pode ser operacionalizado de forma economicamente viável?

Em 2015, a Resolução 70 da ONU ampliou e redefiniu novos objetivos, criando a Agenda 2030, com 169 metas e 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) a serem cumpridos pelas nações que assinaram o acordo, incluindo o Brasil (UN, 2021). Os objetivos propostos são integrados e, portanto, devem ser perseguidos de forma conjunta (CAIADO et al., 2018).

É importante ressaltar que, “para ser sustentável, o desenvolvimento deve ser economicamente sustentado (ou eficiente), socialmente desejável (ou incluyente) e ecologicamente prudente (ou equilibrado)” (ROMEIRO, 2012, p. 65). Cada uma dessas camadas interfere nas demais, de forma que o progresso na camada econômica não pode ser alcançado sem progresso nas outras camadas (VISSER et al., 2019). Um estudo sobre um programa de transferência de renda no México para redução de pobreza, realizado por Alix-Garcia et al. (2013), por exemplo, mostrou que o aumento da renda das famílias resultou em um aumento da pegada ecológica devido ao acesso deficiente a mercados sustentáveis.

A avaliação de caminhos sustentáveis para o futuro passa por métodos que integram a formação do capital a fontes de energia renováveis e a produção de materiais (PAULIUK et al., 2017). Esta premissa está presente no conceito de Desenvolvimento Sustentável, que visa meios de atender às necessidades do presente sem comprometer as das gerações futuras (BRUNDTLAND, 1987). Apesar de amplamente discutidos,

diversos problemas ambientais desafiam a trajetória do desenvolvimento sustentável, como a poluição da água e do ar (GREENSTONE; HANNA, 2014; XU et al., 2019), a eliminação e gestão de resíduos (FULDAUER et al., 2019) e a destruição da camada de ozônio (FANG et al., 2019).

Como resultado, um dos principais desafios da atualidade é a transformação da infraestrutura social para lidar com as mudanças climáticas (HUANG et al., 2016), o que tem impulsionado pesquisas relacionadas à adaptação climática (DAYEEN; SHARMA; DERRIBLE, 2020). Mas, essa preocupação existe desde o início do surgimento da EI e tem sido o foco de muitas recomendações, devido à sua complexidade e aos desafios simultâneos que surgem (ALLENBY, 2007). Portanto, é importante compreender a relação entre os suprimentos de energia e seus impactos na economia (KENNEDY, 2020).

Embora o progresso em direção ao Desenvolvimento Sustentável tenha sido lento, indicando a necessidade de orientação mais concreta (BAUMGARTNER; RAUTER, 2017), existem ferramentas para acelerar o processo, sendo necessário verificar qual a melhor forma de alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável estão relacionados às áreas da Ecologia Industrial e da Simbiose Industrial. A pesquisa de (AFSHARI et al., 2020) evidenciou a Simbiose Energética com 7 dos 17 ODSs: 7 - energia limpa e acessível, 8 - trabalho decente e crescimento econômico, 9 - inovação e infraestrutura da indústria, 11- cidades e comunidades sustentáveis, 12- consumo e produção responsáveis, 13- ação climática e 17- parcerias para atingir as metas. Outro estudo realizado pelos pesquisadores Sullivan, Thomas e Rosano (2018), que investigaram a correlação entre os princípios de Ecologia Industrial e os textos dos ODS, destacou como pontos fortes dessa relação os ODS de número 7, 9, 12 e 13, sem desconsiderar os demais objetivos.

Diante do potencial da SI em promover o Desenvolvimento Sustentável, sua implantação é apoiada por organismos internacionais, como a UE, a ONU e a OCDE, enfatizando a necessidade do pensamento baseado no ciclo de vida e eficiência dos recursos nos países em desenvolvimento, como o Brasil (MORTENSEN; KØRNØV, 2019; TURKEN; GEDA, 2020).

2.5.3 Desafios e oportunidades para as empresas ambientalmente amigáveis

Em países onde as necessidades sociais e ambientais são mais valorizadas, as empresas também podem ter mais acesso a recursos para o alcance de tecnologias e inovações (BAUGHN; (DUSTY) BODIE; MCINTOSH, 2007). A falta de recursos para implementar práticas sustentáveis nos negócios é justificada pela chamada global por práticas sustentáveis em países em desenvolvimento é mais lenta (BAAH et al., 2020). Esses países apresentam desafios de sustentabilidade de coletividade diferentes dos enfrentados por nações desenvolvidas (HUSTED; SOUSA-FILHO, 2019).

A pesquisa de Van der Waal e Thijssens (2020) evidencia que o envolvimento geral das empresas com a sustentabilidade é bastante limitado. Os autores destacaram, entre outros, os países do BRICS – Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul - como de menor interesse na divulgação de ações de sustentabilidade em seus relatórios de gestão. Os autores ressaltam ainda que existem grandes dificuldades em conciliar as preocupações sustentáveis com a meta de criar valor para os acionistas. Neste contexto, também está inserido o conjunto das pequenas e micro empresas, que têm grande potencial econômico e social (RESENDE; CARDOSO; FAÇANHA, 2016; SEBRAE, 2021), mas individualmente carecem de apoio e enfrentam grandes desafios na gestão ambiental (EMBRY, 2018; OLIVEIRA; FRANÇA; RANGEL, 2019; PACHECO et al., 2018).

Por um lado, existe a necessidade das empresas assumirem papéis ativos e eficazes nas práticas sustentáveis em suas atividades diárias de negócios, inclusive com a possibilidade das empresas líderes pressionarem sua cadeia de suprimentos neste sentido (MUÑOZ-TORRES et al., 2018). Por outro lado, muitas atividades do setor empresarial necessitam de pesquisas para entender como as empresas podem apoiar ações sustentáveis no contexto dos negócios (SULLIVAN; THOMAS; ROSANO, 2018).

Pesquisas também indicam que, mesmo nas economias emergentes, os consumidores estão mais propensos a utilizar produtos e serviços produzidos de forma ambientalmente amigável (BORTOLON; MENDES, 2014; TURNER; WILLIAMS; KEMP, 2016; ZHANG et al., 2020), e a pressão do sistema reflete na performance de sustentabilidade das entidades (AGUINIS; GLAVAS, 2012; ALI; FRYNAS; MAHMOOD, 2017). A forma como as empresas pensam e operam ainda precisa mudar consideravelmente para enfrentar os desafios sistêmicos relacionados às condições

ambientais e ao processo produtivo (BOCKEN; RANA; SHORT, 2015), especialmente considerando a posição de influência do mundo corporativo na economia global (BOCKEN; RITALA; HUOTARI, 2017).

A boa notícia é que a abordagem de reduzir, reutilizar e reciclar está sendo cada vez mais compreendida por número significativo de organizações (VELEVA; BODKIN, 2018). Entende-se que as soluções dos problemas socioambientais perpassam por mudanças na organização do conhecimento, com a reorganização da pesquisa e do ensino a partir de uma visão da realidade e ações e métodos de caráter interdisciplinar. Essas mudanças já podem ser observadas em centros acadêmicos, bem como na prática diária de várias instituições de setores governamentais e não governamentais (PHILIPPI JR. et al., 2013).

Além disso, vários estudos têm sido realizados, inclusive ressaltando que as empresas são beneficiadas pelas soluções encontradas na busca da sustentabilidade, uma vez que a resolução dos problemas envolve oportunidades de alcançar novos clientes, inovar em sua proposta de valor, colaborar com parceiros e desenvolver novos modelos de negócios mais sustentáveis e colaborativos (BOCKEN et al., 2014; BOONS; LÜDEKE-FREUND, 2013; CURTIS; MONT, 2020; GEISSDOERFER et al., 2018; PEDERSEN et al., 2021; SILVESTRE; ȚÎRCĂ, 2019).

Na próxima seção, de número 2.6 será abordada a questão da Simbiose Industrial no Brasil, explanando as tendências das publicações, as redes formadas e suas características.

2.6 ESTUDOS DE SIMBIOSE INDUSTRIAL NO BRASIL

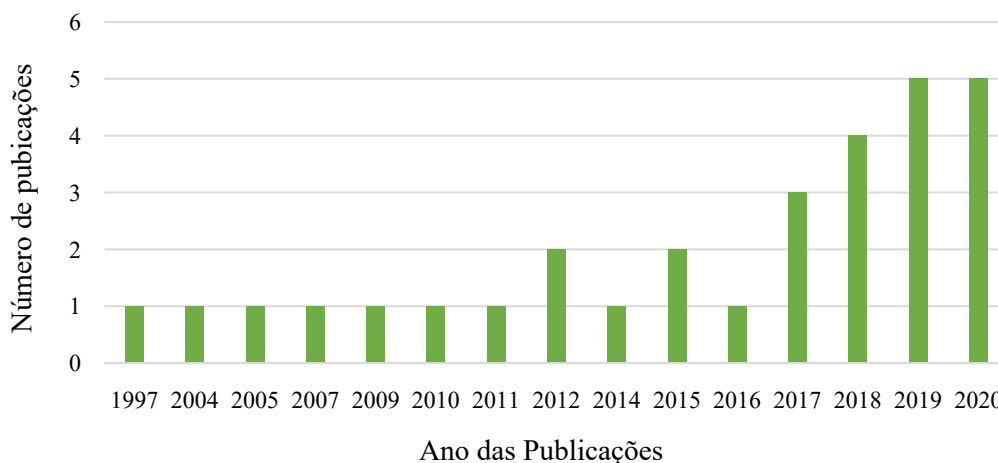
Esta seção resume os principais resultados do estudo realizado por Colpo et al. (2022). A pesquisa consistiu em uma revisão sistemática da literatura, abrangendo os trabalhos publicados sobre Simbiose Industrial no Brasil, e serviu de base para esta tese.

2.6.1 Tendências das publicações

Foram analisados 31 trabalhos nas bases WoS e Scopus, desde o início das pesquisas na plataforma (1997 na Scopus e em 2004 na Web of Science) até em janeiro

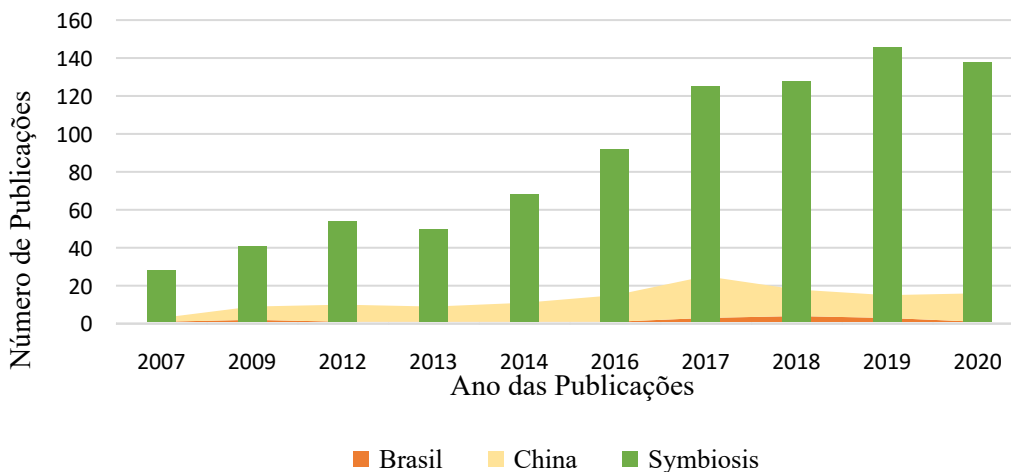
de 2021. A Figura 5 apresenta o número de publicações por ano a respeito da temática da Simbiose Industrial no Brasil.

Figura 5 - Publicações trabalhos Simbiose Industrial no Brasil



Para fins de análise comparativa, foram realizadas três buscas simplificadas na base de dados Scopus. A primeira busca incluiu o termo “*Industrial Symbiosis*” no resumo, título ou palavras-chave. Essa busca mostrou que a primeira publicação sobre o tema ocorreu em 1965. Os registros se intensificaram a partir de 2011, com mais de 50 por ano. De 2017 a 2019, houveram mais de 125 publicações anuais, totalizando 1208 trabalhos desde o início dos dados da base. A Figura 6 mostra a tendência das publicações com o termo, assim como a comparação do quantitativo das publicações entre Brasil e China.

Figura 6 - Comparação Brasil x China



A Figura 6 evidencia o quantitativo de publicações da base Scopus comparando o termo genérico “*Industrial Symbiosis*” nos campos do resumo, palavras-chave e título, com outras duas buscas nas quais foram adicionados os termos “China or chinese” e “Brazil or brazilian”. A China foi escolhida para a comparação, uma vez que tem se destacado nas publicações de SI nas últimas décadas (CHERTOW; PARK, 2016). Apesar de modesto em comparação com a China, que tem se destacado nas publicações sobre SI, é possível observar um pequeno crescimento nas publicações de trabalhos relacionados à SI no Brasil nos anos de 2017 a 2019. Os trabalhos que mencionam SI e China representam 13,32% do total das publicações genéricas, enquanto os do Brasil, alcançam apenas 1,57% do total de publicações, o que ressalta a necessidade de mais trabalhos com essa temática nas publicações internacionais.

2.6.2 Aspectos dos estudos de simbiose no Brasil

A maioria dos trabalhos está concentrada nas regiões sudeste e sul, enquanto as regiões norte e centro-oeste não são abordadas nas pesquisas. Os trabalhos teóricos ou conceituais, estudos sobre possibilidades de compartilhamento de insumos, serviços e formação de redes representam, respectivamente, 9%, 45% e 45% da população estudada.

Os estudos de possibilidades de compartilhamento geralmente se concentram em uma planta específica e exploram as sinergias bilaterais, com enfoque na viabilidade técnica, ambiental e econômica. Há um maior interesse nesses estudos quando relacionados à agroindústria, onde os resíduos podem ser compartilhados para uso, reuso ou transformação em alimentos orgânicos, ração animal, combustível, fertilizantes e energia. As subseções 2.6.2.1 a 2.6.2.4 tratam, especificamente, das análises das redes formadas encontradas no estudo.

2.6.2.1 Aspectos gerais das redes formadas

No contexto da rede, destaca-se a importância do ganho mútuo, porém, existe o risco de desequilíbrio na interação, que pode levar à busca por novas oportunidades (SELLITTO et al., 2021). No estudo realizado em Minas Gerais, especificamente, no Programa Mineiro de Simbiose Industrial (PMSI), os empresários não enxergavam benefícios significativos no desenvolvimento da rede, o que gerou resistência na alocação

de recursos para a transformação de um parque tradicional em um Ecoparque (PAULA; ABREU, 2019).

Dois trabalhos mencionam a formalização das trocas por meio de contrato. Contudo, na rede de siderurgia do Rio Grande do Sul, a existência de um contrato formal não demonstrou relevância para impulsionar a rede (SELLITTO; MURAKAMI, 2018). E na rede de Minas Gerais, apenas uma das trocas observadas possuía um contrato formal ou de exclusividade, sendo justificado pelo fato de a empresa receptora ter feito investimentos para absorver o resíduo (PAULA; ABREU, 2019).

A presença de um agente facilitador é essencial para o desenvolvimento e relacionamento da rede. Exemplos incluem a associação comercial de Três Coroas-RS, que desenvolveu um modelo de gestão para um centro de reciclagem no setor calçadista (FERRER; CORTEZIA; NEUMANN, 2012). E a inclusão de um cogenerador de energia e uma empresa de papel e celulose na indústria florestal (WAHRLICH; SIMIONI, 2019). A pesquisa realizada na rede do PMSI destaca a importância da capacitação institucional e da mobilização de associações e sindicatos ligados à FIEMG para o sucesso das ações de SI na rede (PAULA; ABREU, 2019).

O Quadro 2 apresenta os setores industriais envolvidos nas redes identificadas, bem como os subprodutos compartilhados, quando identificados. No período analisado (até 2021), foram encontrados 14 estudos de redes formadas, o que reforça a escassez de estudos desta temática no Brasil.

Em relação às redes demonstradas no Quadro 2 algumas iniciativas no Brasil se destacam, como no estudo de Sellitto e Murakami (2020) em uma rede siderúrgica no Rio Grande do Sul. Esta alcança níveis de reaproveitamento de resíduos comparáveis aos de países desenvolvidos. Ou na rede do PMSI, com a imersão de 53 empresas, envolvendo indústrias de fogos de artifício e estabelecendo relacionamentos bilaterais com outros setores. No setor moveleiro, há parcerias entre 23 empresas especializadas em móveis de madeira, indústria cerâmica e recicladores.

Quadro 2 - Descrição empresa âncora, setores participantes e resíduos compartilhados

(Continua)

Âncora	Setores participantes da rede	Principais itens compartilhados
Siderurgia (2)	Fabricante de cimento, gerador termoelétrico, planta de fundição de ferro, fabricante de lingote de zinco, fabricante de linear refratário.	Cinzas de carvão, escala de moinho, pó de forro elétrico a arco, vapor, lima de zinco, lama de chumbo, sobras de forno fratario.
Moveleira	23 empresas especializadas em móveis de madeira – indústria cerâmica – recicladores	Serragem, pó, aparas e lascas, papelão, metais, plásticos, solventes, resíduos de cabine de pintura (tinta e verniz), lixa.
Moveleira	5 indústrias do setor moveleiro	Gestão conhecimento – subprodutos (não identificados)
Florestal (2)	Produtores artesanato de madeira ($n = 6$), serrarias ($n = 5$), indústria de papel e celulose ($n = 4$), empresas de painéis ($n = 3$), empresas de reciclagem ($n = 2$), produção de energia ($n = 2$), empresas de móveis ($n = 1$) e processamento de madeira ($n = 1$).	Cavacos, casca e serragem aproveitamento de resíduos florestais na obtenção de vapor e eletricidade é a principal característica circular do setor.
Industria Calçadista	Projeto Cidade verde – indústrias calçadistas de Três Coroas	Gestão de resíduos por centro de reciclagem: couro, rubber, papel, papelão e baixa densidade polietileno.
Rede hoteleira	Três hotéis de um <i>cluster</i> de turismo no Brasil. Identificando níveis de capacidade colaborativa de cada empresa	Alocação de recursos, gestão de conhecimento, formação e intensificação de parcerias, gestão da cadeia de valor, governança efetiva.
Avicultura	Empresa focal e a cadeia produtiva	Não identificado (estudo da cadeia produtiva)
Madeireira	14 empresas fabricantes de pallets, agricultores, fabricantes de briquetes (carvão ecológico). Varejistas A e B (NI) para a manutenção de fornos e fogões a lenha. Varejo de alimentos, ramo da alimentação, recicladores (transformadores de resíduos em MP).	Aparas de madeira, serragem, tapumes de ripas de segunda mão.

Quadro 2 – Descrição da empresa âncora, setores participantes e resíduos compartilhados

(Conclusão)

Âncora	Setores participantes da rede	Principais itens compartilhados
Parque Industrial Maracanaú	Empresas de placas de cerâmica; tinta em pó e líquida; aparelhos eletrodomésticos; têxtil; aço; latas metálicas; pavimento asfáltico; produtos de couro, bebida não alcoólica; tambores de freio; produtos químicos de proteção de colheitas e alimentação.	Não identificado (O estudo investiga as barreiras sociais para ser superados na promoção de oportunidades de troca de resíduos).
Parque Industrial (Rio de Janeiro)	Santa Cruz – Moinhos têxteis, fabricação de fios, mármore, fabricação de tintas, reciclagem de plástico, galvanoplastia, fabricação de placas de aço, fabricação de plástico, coprocessamento, fabricação de cimento.	Não identificado, projeto de ecoparque com indústrias já instaladas.
	Panambi - uma fábrica de tecidos e um fabricante de fios. Na época do estudo o governo de Paracambi estava em negociação com outras quatro indústrias.	Não identificado, projeto de ecoparque planejado, busca por empresas que utilizassem resíduos ou fornecessem resíduos para fábricas existentes.
Construção Civil	Projetos de construção industrial – todas empresas envolvidas nas obras de construção de unidade de processo em plantas industriais de óleo e gás.	Gestão de resíduos compartilhada Resíduos de construção
Programa Mineiro de Simbiose Industrial	1 indústria de tintas e 1 indústria cosmética	Resíduos de Acetona, acetato de isopentila, e metil etil cetona.
	1 Madeireira e 1 indústria de cimento	Aparas de madeira incinerados
	53 empresas de produção de fogos de artifício – 1 indústria química	Resíduos de pó de papel dos tubos de fogos de artifício

Fonte: com base nos trabalhos de Sellitto et al. (2021), Pohlmann et al. (2020), Silva, Simioni e Hoff (2020), Souza et al.(2020), Almeida, Gohr e Santos (2020), Paula e Abreu (2019), Silva et al.(2019), Wahrlich e Simioni (2019), Sellitto e Murakami (2018), Oliveira, França e Rangel (2018), Ceglia, Abreu e Silva Filho (2017), Freitas e Magrini (2017), Ferrer, Cortezia e Neumann (2012), Elabras Veiga e Magrini (2009).

Na rede florestal, composta por 24 empresas, a geração de energia e o aproveitamento de quase todos os resíduos são evidentes. Outros exemplos incluem a gestão compartilhada por um centro de reciclagem na indústria calçadista e o maior aproveitamento da SI na construção civil quando a gestão de resíduos é compartilhada. A rede do setor madeireiro também envolve 14 empresas e se expande para diferentes setores.

Nos parques industriais do Rio de Janeiro, os esforços continuam na busca de parceiros e sinergias na rede. O Parque Industrial de Santa Cruz apresenta crescimento lento na implementação de SI, enquanto o Parque de Panambi busca formas de compartilhamento e negociação para a inclusão de empresas parceiras, com o apoio da Universidade Federal do Rio de Janeiro e do governo local. No Parque Industrial Maracanaú, no Ceará, reconhece-se a importância de um Ecoparque para alcançar a sustentabilidade, apesar das poucas iniciativas observadas.

2.6.2.2 Limitações nas redes formadas

Iniciativas conjuntas para promover pesquisas sobre novas aplicações ou soluções para os problemas das redes são observadas escassas (SELLITTO et al., 2021). Na rede siderúrgica, a gestão logística emerge como um ponto crítico a ser administrado pela rede (SELLITTO; MURAKAMI, 2018). Wahlich e Simioni (2019) constataram a falta de incorporação dos esforços de inovação pela expansão das trocas de subprodutos no contexto empresarial de uma rede de indústrias do setor florestal. De forma geral, a construção de uma rede de simbiose industrial não faz parte da estratégia de gestão ambiental das empresas do Programa Mineiro de Simbiose Industrial, o PMSI (PAULA; ABREU, 2019). Ainda, em relação ao incentivo do poder público, dois exemplos negativos são citados. A interrupção de um programa de Ecoparques Industriais no Rio de Janeiro, possivelmente motivada por mudanças nas lideranças políticas locais (ELABRAS VEIGA; MAGRINI, 2009). E, no projeto Cidade Verde de Três Coroas, onde uma das principais reclamações da rede de indústrias de calçados é a atuação do governo. De acordo com o representante da associação, os entraves legais e fiscais desencorajam potenciais investidores a aproveitarem os resíduos industriais.

2.6.2.3 *Estratégias e avaliação das redes*

Dois estudos mencionam as plataformas tecnológicas como estratégias para a formação de redes simbióticas, aproximando compradores e vendedores. Um modelo para resíduos urbanos foi projetado para a cidade de Florianópolis (BATISTA et al., 2020). No entanto, um segundo estudo revela que esta abordagem foi adotada no Parque Industrial do Ceará e que um dos desafios para o sucesso dessa estratégia é superar a falta de confiança das empresas localizadas em divulgar informações sobre o fluxo de entrada e saída dos seus resíduos e materiais (CEGLIA; ABREU, SILVA FILHO, 2017).

Outra abordagem é a gestão compartilhada de resíduos realizada por terceiro. Em um estudo comparativo entre dois projetos de construção industrial, constatou-se que as trocas de subprodutos foram mais frequentes no projeto que também possuía uma gestão compartilhada de resíduos (FREITAS; MAGRINI, 2017).

No que diz respeito à avaliação das redes, Souza et al. (2020) investigaram o setor moveleiro em Concórdia, Santa Catarina, nos anos de 2014 e 2019 e, apesar dos avanços percebidos, os resultados indicam que não se trata de uma rede de simbiose industrial. Por outro lado, Wahrlich e Simioni (2019) utilizaram o Indicador de Simbiose Industrial (ISI) para avaliar a rede em um conjunto de indústrias florestais em Lages, Santa Catarina. A análise demonstrou que praticamente todos os resíduos gerados são reaproveitados no ambiente industrial.

2.6.2.4 *Pressões Legais, Econômicas e Sociais*

Na rede de Minas Gerais, as empresas não enfrentam pressões significativas de regulamentação e fiscalização ambiental, e os gestores possuem várias opções para a eliminação dos resíduos (PAULA; ABREU, 2019). Um ponto que requer atenção é a legislação, que deve favorecer a reciclagem e estabelecer requisitos de segurança mais rigorosos (SELLITTO; MURAKAMI, 2018). No setor avícola, a preocupação da rede de frangos está relacionada às atividades de exportação e às possíveis restrições de países importadores, caso o Brasil e a própria rede não obtenham êxito na implementação dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Essa cadeia exerce pressão sobre o governo brasileiro por políticas de apoio ambiental (POHLMANN et al., 2020).

A rede de sinergia de siderúrgicas surgiu em resposta às pressões comerciais e legislativas (SELLITTO et al., 2021). A rede formada por fabricantes de paletes, estudada por Silva et al. (2019), emergiu de forma intuitiva, sem apoio ou coordenação institucional. Já a rede do PMSI surgiu como um negócio autogerido entre empresas, associações e governo, todos dispostos a cooperar para melhorar a economia e o desempenho ambiental (PAULA; ABREU, 2019). Na seção 2.7, a reciclagem será abordada como uma atividade que pode servir de elo de ligação entre indústrias e facilitar a rede de simbiose, em específico, a reciclagem do plástico visto que a tese aborda apresenta nos resultados a viabilidade econômica e de impacto socioambiental de uma planta de reciclagem de plástico tipo Pet.

2.7 RECICLAGEM – UM CAMINHO PARA A SIMBIOSE

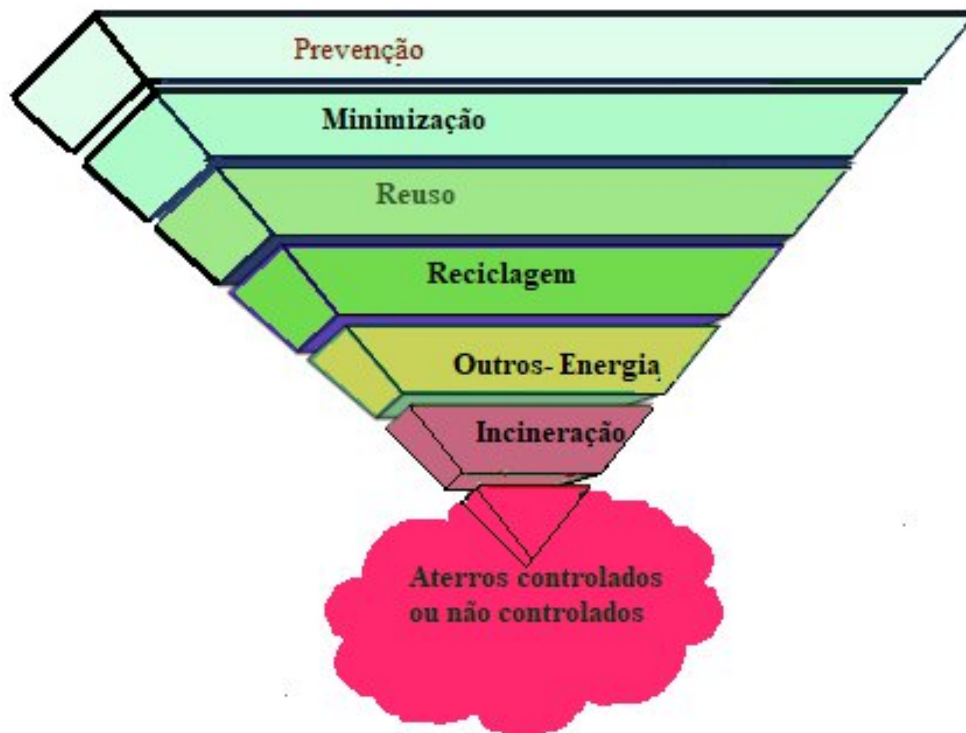
2.7.1 Hierarquia da destinação dos resíduos

No Brasil, de acordo com os dados compilados pelo SINIR em 2020, foram geradas 1.866.437 toneladas de resíduos industriais não perigosos, dos quais cerca de 502.197 toneladas foram destinadas especificamente para fins de reciclagem, resultando em uma taxa de reciclagem de aproximadamente 27% (SINIR, 2020). Em comparação, no mesmo período, estatísticas da Alemanha indicam uma taxa de aproximadamente 49% de recuperação por meio da reciclagem em relação ao montante produzido (FEDERAL STATISTICAL OFFICE OF GERMANY, 2022).

Para aumentar os índices de reciclagem e recuperação de resíduos industriais, é essencial promover a redução da quantidade de resíduos gerados, por meio de uma produção mais limpa, e investir no reaproveitamento dos resíduos pela reciclagem.

Do ponto de vista ambiental, evitar a geração de resíduos é, sem dúvida, a melhor opção. No entanto, quando a existência de resíduos é inevitável, a prioridade deve ser promover o reuso e empenhar esforços na valorização efetiva e eficiente desses resíduos (RAGAERT; DELVA; VAN GEEM, 2017). A hierarquia para a destinação ou tratamento de resíduos é apresentada na Figura 7.

Figura 7 - Hierarquia dos resíduos



Fonte: Adaptado da Hierarquia Resíduos definida na diretiva 2008/98/EC (EUROPEAN COMMISSION, 2012).

A reciclagem é uma opção quando o resíduo não pode ser reutilizado. Nesse caso, a alternativa pode ser a recuperação das características originais ou a transformação em novos insumos ou matérias-primas por meio de métodos mecânicos, químicos ou biológicos. A simbiose industrial se baseia tanto no reuso quanto na reciclagem.

O design voltado para e derivado da reciclagem são estratégias complementares que, quando aplicadas em conjunto, efetivamente podem fechar um ciclo completo de materiais (DING; ZHU, 2023). Uma escolha perspicaz consiste em buscar a eficácia da matéria-prima e minimizar o impacto ambiental, considerando os requisitos de produção e ciclo de vida do insumo. Entre os pontos relevantes para escolha do método de reciclagem, se destacam:

- Identificar os pontos fortes e fracos do polímero reciclado por meio de uma caracterização abrangente;
- Estabelecer uma correspondência entre as características do material reciclado e os produtos potenciais (sejam eles novos ou já existentes);
- Realizar o projeto de produto (e do molde) adaptado para fabricação com polímeros reciclados;

- Efetuar uma análise do ciclo de vida;

Por meio da análise de ciclo de vida, dos custos de ciclo de vida e dos cálculos de eficiência dos recursos, é possível quantificar a eficiência geral dos recursos em todo o processo, garantindo assim uma melhor utilização dos polímeros reciclados e demonstrando os benefícios que podem ser alcançados pelo uso dessas fontes materiais (SCHWARZ et al., 2021).

Outro fator a ser considerado na escolha do produto final é o mercado. No Brasil, há aproximadamente 500 empresas recicladoras que geram cerca de 11.500 empregos e um faturamento anual de 1,22 bilhão de reais. No entanto, 80% dessas empresas estão concentradas na região sudeste, o que evidencia a fragilidade desse tipo de atividade em todo o território brasileiro (E-CYCLE, 2022).

Nas próximas seções, da 2.7.2 a 2.7.4, serão explorados os contextos relacionados à reciclagem do plástico, porque nos resultados deste trabalho será apresentado um estudo sobre a viabilidade econômica e os impactos socioambientais da implantação de uma indústria de reciclagem de plástico.

2.7.2 Os resíduos plásticos – origem e destinação


Normalmente, o termo "plásticos" é utilizado para fazer referência aos polímeros sintéticos que estão presentes em diversos setores da sociedade (DAS et al., 2021). Os autores apresentam estimativas de que, em 2016, o mundo produziu 242 milhões de toneladas de resíduos plásticos, e se espera que esse número chegue a 12 bilhões de toneladas até 2050. Diariamente, oito milhões de pedaços de plástico são lançados nos oceanos (GHADERIAN, 2020). Ainda, a taxa de reciclagem estimada em 2021 no Brasil é de apenas de 26,4% - relação entre o total de plásticos de embalagem produzidos e o total de produção de plástico reciclado (ABIPLAST, 2022).

Lamentavelmente, a maior parte dos plásticos utilizados nos mercados é produzida a partir de recursos não renováveis, como o petróleo ou gás natural, o que pode acarretar graves impactos ambientais, além de envolver métodos de processamento danosos à natureza (THIOUNN; SMITH, 2020).

No Brasil, a norma técnica NBR 13.230:2008 foi estabelecida em conformidade com critérios internacionais, e classifica os plásticos em sete tipos distintos. No Apêndice

A, são apresentados todos os tipos, no entanto, este estudo tem como foco o plástico PET. O Quadro 3 apresenta o símbolo, aplicações e características do tipo PET.

Quadro 3 – Simbologia e aplicações do plástico tipo PET

Simbologia	PET - Polyethylene Terephthalate
	<p>Aplicações: Frascos e garrafas para uso alimentício/hospitalar, cosméticos, bandejas para micro-ondas, filmes para áudio e vídeo e fibras têxteis.</p> <p>Características: Transparente, inquebrável, impermeável e leve.</p>

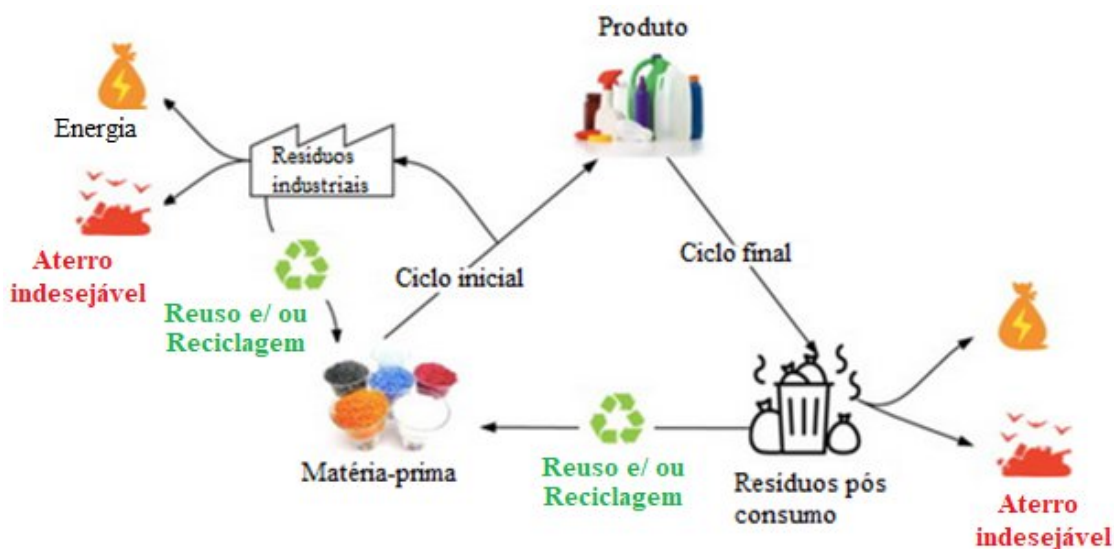
Fonte: Adaptado de E-cycle (2022)

O PET é uma fibra sintética classificado como termoplástico, um tipo de plástico que se torna rígido quando resfriado e flexível quando aquecido (SULYMAN; HAPONIUK; FORMELA, 2016). O plástico da categoria PET é um dos resíduos plásticos mais significativos e leva mais de 1000 anos para se decompor completamente (KOSHTI; MEHTA; SAMARTH, 2018). Além do tempo de decomposição, outro fator relevante são as toxinas liberadas durante esse processo, que poluem o solo (MACEDO et al., 2020) e podem ser transferidas para a cadeia alimentar humana (KOSHTI; MEHTA; SAMARTH, 2018; YUAN et al., 2020). A falta de degradação dos plásticos torna o descarte um problema ambiental e de saúde, sendo a reciclagem uma solução atual (DAS et al., 2021).

O PET representa 63% do peso dos resíduos plásticos produzidos, sendo um tipo de plástico de grande volume no Brasil (MACEDO et al., 2020). Conforme dados da Associação Brasileira da Indústria do PET (ABIPET), esse tipo de plástico é principalmente reutilizado na fabricação de novas garrafas e pré-formas. O índice de reciclagem brasileiro atingiu 56,4% das embalagens de PET descartadas pela população em 2021, registrando um aumento de 15,4% em relação ao volume de 2019 (ABIPET, 2022). Esse índice provavelmente aumentou devido às políticas ambientais no Brasil, seguindo a tendência global e os compromissos estabelecidos nas Conferências das Partes - COPs, das quais o Brasil é membro. Um exemplo é a União Europeia, que possui legislação rigorosa na gestão de resíduos, e a redução do desperdício de plásticos é uma

de suas prioridades (RAGAERT; DELVA; VAN GEEM, 2017). A Figura 8 apresenta as principais fontes de resíduos plásticos e suas destinações.

Figura 8 - Origem dos resíduos plásticos e sua destinação



Fonte: Adaptado de Plastics Europe (2015)

Os resíduos plásticos podem surgir tanto na própria indústria de transformação, sendo estes resíduos virgens de alto valor por não estarem contaminados com outros materiais, quanto nos resíduos pós consumo, que podem estar misturados a outros insumos ou tipos de materiais, dependendo da sua classificação.

Os plásticos, como outros materiais recicláveis, podem seguir diferentes caminhos para o seu reaproveitamento. Alguns exemplos de pesquisas recentes que buscam melhorar e/ou promover o uso de plásticos reciclados são: substituição de materiais de construção virgens em argamassas e concreto (REZVAN et al., 2023; XIONG et al., 2023), utilização em madeiras plásticas (HERRERA; BEDOYA-RUIZ; HURTADO, 2023), tratamento de águas residuais (CHMIELOWSKI et al., 2023), e como fonte de energia renovável (LIM; AHN; KIM, 2023).

2.7.3 A reciclagem do plástico

De forma inicial, é importante o conhecimento das quatro categorias de reciclagem (SINGH et al., 2017; VOLLMER et al., 2020). Essa informação busca auxiliar

no entendimento do processo de reciclagem e como os materiais podem ser transformados ou reutilizados. O Quadro 4 mostra as categorias de reciclagem. Neste estudo, na seção 4.4 a categoria primária da reciclagem foi escolhida como forma de tratar dos resíduos plásticos do tipo PET.

Quadro 4 - Categorias de reciclagem

Reciclagem primária	O material é reciclado para formar produtos com as mesmas propriedades que o produto anterior. O polímero plástico permanece no mesmo "loop".
Reciclagem secundária	O material reciclado tem qualidade inferior ao material original. O polímero plástico é aplicado noutros produtos, geralmente de menor valor, e reciclado num "ciclo aberto". A maior parte da reciclagem do plástico de consumo segue nesta via.
Reciclagem terciária	O polímero não é mantido intacto, mas materiais valiosos (monómeros) são recuperados. Um produto monomérico ou químico é obtido e 'evitado', e não um polímero como a reciclagem primária.
Reciclagem quaternária	O material é incinerado e totalmente destruído. Contudo, o elevado valor calorífico do plástico resulta na recuperação de energia como calor e eletricidade.

Fonte: Adaptado de SINGH et al., 2017; VOLLMER et al., 2020

Quanto ao método que pode ser empregado para a reciclagem de plástico, se destaca a reciclagem mecânica, química e energética. A reciclagem mecânica é o método mais comum para resíduos plásticos (AL-SALEM; LETTIERI; BAEYENS, 2009).

A caracterização dos resíduos é o principal desafio para a eficiência das etapas do método de reciclagem mecânica, visando obter produtos finais de alta qualidade (GARCIA; ROBERTSON, 2017). Por outro lado, a reciclagem química apresenta a desvantagem de ter um alto consumo de energia. Dez toneladas de plástico fornecem cerca de cinquenta barris de petróleo, porém são utilizados o equivalente a dez barris de energia no processo industrial (VDI-BRASIL, 2022). A reciclagem energética é a opção menos favorável do ponto de vista ambiental, pois resulta na liberação de gases residuais, como o monóxido e dióxido de carbono, acetaldeído, benzoato de vinila e ácido benzoico (RAGAERT; DELVA; VAN GEEM, 2017).

O modelo de matriz LCA apresentado por Schwarz et al. (2021) conclui que, no caso dos PETs, se for possível reciclar esses polímeros por meio da reciclagem mecânica em circuito fechado, essa tecnologia pode ser considerada a melhor estratégia de reciclagem. Os autores também destacam que o potencial de circularidade médio dos plásticos é de cerca de 80%, o que significa que o material pode ser reintroduzido como nova matéria-prima em até cinco ciclos de vida adicionais, assumindo que o carbono emitido não está ligado ao material polimérico (SCHWARZ; ET AL., 2021).

Ragaert, Delva e Van Geem (2017) enfatizam que, de fato, as melhores opções são a reciclagem mecânica e a reciclagem química, sendo a reciclagem energética a alternativa preferida apenas quando os polímeros não puderem ser reciclados.

2.7.4 Reciclagem: impactos ambientais e sociais

A reciclagem cria novas oportunidades econômicas e auxilia na redução do impacto ambiental das empresas (DAS et al., 2021). Neste trabalho, se faz um recorte na pesquisa de Simbiose Industrial e se avalia o impacto socioambiental da reciclagem do plástico. Ela é uma possível indústria de ligação. Portanto, nesta seção, o foco está na obtenção de dados quantitativos referenciais quanto à atividade de reciclagem do PET.

A reciclagem reduz os impactos ambientais, uma vez que para cada tonelada de plástico virgem, são necessários 16,8 barris de petróleo (LAMMA, 2021). Já no aspecto de gasto em energia, os pesquisadores Arena, Mastellone e Perugini (2003) compararam o gasto no processamento de plástico virgem e reciclado, indicando que a produção de 1 kg de flocos de PET requer entre 42 e 55 MJ, enquanto que a mesma quantidade de PET virgem requer mais de 77 MJ. Transformando em Kwh por tonelada, equivale a uma redução de 10.000 kw/h por tonelada. Já na página da Universidade de Stanford, é apresentada uma economia de 7.200 quilowatts-hora para cada tonelada de recipientes de plástico PET feitos com plástico reciclado (STANFORD UNIVERSITY, 2023).

Outros ganhos, de acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria de Plástico, são que a reciclagem de 1 tonelada de plástico significa a não utilização de 450 litros de água, e a geração de 3,16 empregos indiretos, e a redução de 5,66m³ de espaço nos aterros sanitários (ABIPLAST, 2019).

Quanto à redução de CO₂, Garcia-Gutierrez et al. (2023) evidenciam uma economia líquida na reciclagem mecânica de PETs de 1.933 kg CO₂ –eq./t. Ainda, a

pesquisa de Bataineh (2020) estimou que uma tonelada de flocos de PET reciclados mecanicamente oferecem um benefício líquido nas emissões de gases de efeito estufa de 1,8 tonelada equivalente de CO₂. O pesquisador projetou que o gás de efeito estufa do floco de PET reciclado é 72% menor (reciclagem mecânica) do que o do floco de PET virgem. Já a ABIPLAST (2017) menciona uma redução de 1,53 toneladas de gases de efeito estufa por tonelada. E no canal de documentários Brazil National Geographic (2022) está presente a informação de que uma tonelada de plástico poderia reduzir as emissões entre 1,1 e 3 toneladas de CO₂.

No que tange ao aspecto social, as empresas exercem influência direta sobre o meio social em que estão inseridas (OLIVEIRA et al., 2016). Com a adoção de novos modelos gerenciais e a pressão crescente para divulgação de seu impacto social, muitas empresas incluíram aspectos relacionados à sustentabilidade em suas práticas de gestão, ampliando a divulgação não apenas para atender às reivindicações dos acionistas, mas também de toda a sociedade (MORAIS et al., 2017).

Nesse contexto, o Balanço Social é um relatório que apresenta informações sociais e econômicas de natureza quantitativa e qualitativa, internas e externas à organização, com o objetivo de evidenciar as contribuições da empresa para a melhoria da qualidade de vida de seus empregados, dependentes e da comunidade em geral (FLORES; ZANATTA; HALBERSTADT, 2023; MHENNA, 2023). No Brasil, as empresas utilizam principalmente três modelos de Balanço Social: IBASE, GRI (*Global Reporting Initiative*) e do Instituto Ethos (MACHADO; SILVA, 2020).

O Balanço Social ganhou força no Brasil em 1997, por meio do sociólogo Hebert de Souza, que, em parceria com outras instituições e representando o Instituto Brasileiro de Análises Sociais e Econômicas (IBASE), defendeu que as empresas brasileiras passassem a publicar um balanço social “com o objetivo de prestar contas do que fazem pela qualidade de vida, tanto dentro quanto fora da organização” (PAULINO NETO, 1997, p. 01).

Todavia, medir o impacto social de um negócio futuro pode ser um desafio, uma vez que ainda não há dados concretos para avaliar. No entanto, este trabalho utiliza o modelo de Balanço Social do IBASE na tentativa de mensurar o impacto social de uma recicladora na seção 4.4.5.

É importante ressaltar que as recicladoras têm um forte apelo social, pois são negócios inclusivos que envolvem grupos com restrição de renda e priorizam a criação

de valor em detrimento da captura de valor, sendo definidos como entidades de negócios autossustentáveis (SCHONEVELD, 2020). A seção 2.8, a seguir, cuida da apresentação dos principais indicadores para análise da viabilidade econômica,

2.8 A ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA

A viabilidade econômica é um dos principais determinantes da sustentabilidade (ROGINA; ŠANDRK NUKIĆ, 2021). Negócios podem ser limitados pela sua capacidade financeira, apenas os desejos de negócios que são geralmente ilimitados (AL AHBABI; NOBANE, 2019). A definição de Desenvolvimento Sustentável posicionou a ideia de finanças e economia no centro do conceito, e portanto, as finanças são uma das principais fontes de sustentabilidade (REZAEI, 2016).

Desde a divulgação do Relatório de Brundtland, o Desenvolvimento Sustentável é definido como aquele “que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender às suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987, p. 43). Enquanto a sustentabilidade de uma empresa está relacionada à sua capacidade de existir continuamente, se concentrando em atender às necessidades presentes sem comprometer os objetivos futuros (SCHALTEGGER, 2011; SCHALTEGGER; WAGNER, 2017). Para um crescimento financeiro sustentável, o negócio tem que ser lucrativo, contudo, o crescimento sustentável também incorpora a gestão de riscos e governança adequada (AL AHBABI; NOBANE, 2019).

A escassez de recursos e a demanda cada vez maior torna importante saber usar os recursos da melhor maneira possível. Para isso, é fundamental fazer uma análise antes de investir o dinheiro, para evitar desperdícios e usar os recursos com sabedoria. Técnicas mais avançadas, que fazem parte da Engenharia Econômica, auxiliam nesta análise (CASAROTTO FILHO, 2019).

A engenharia econômica trata de forma sistêmica a análise de alternativas de investimentos com base em técnicas matemáticas que simplificam as comparações econômicas (AYDIN; KAHRAMAN; KABAK, 2018; BLANK; TARQUIN, 2011). O estudo da viabilidade econômica é o produto dessa análise, ou seja, se o projeto tem capacidade para remunerar o investidor conforme seu desejo (TORRES, 2014), ou ainda, como uma simulação da decisão de investir embasada em técnicas de análise (WOILER; MATHIAS, 2008).

Quanto aos métodos utilizados para análise dos investimentos neste trabalho, serão abordados o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). O VPL e a TIR são nomeados em grande parte da literatura financeira como os métodos mais tradicionais e eficientes na avaliação de projetos de investimentos (SCHROEDER et al., 2005).

O VPL é uma ferramenta para a avaliação de investimentos que leva em consideração o conceito de que o dinheiro tem valor diferente ao longo do tempo (WERNKE, 2008). Ao utilizar o VPL, é possível obter resultados mais confiáveis e precisos, pois ele considera o momento de geração dos fluxos de caixa envolvidos. Esse aspecto é importante em um contexto de incerteza e volatilidade econômica, pois permite que sejam feitas projeções mais realistas e relevantes para a tomada de decisão (HOJI; LUZ, 2019).

A avaliação de uma proposta de investimento exige que se leve em conta a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), ou seja, o retorno mínimo necessário para que a proposta seja considerada interessante frente às outras opções de investimento disponíveis (CASAROTTO FILHO, 2019). Por outro lado, essa taxa é o custo máximo que um tomador se dispõe a pagar ao captar recursos no mercado (HOJI; LUZ, 2019).

Em relação à TIR, é importante notar seu estreito relacionamento com o VPL. Ross, Westerfield e Jordan (2013, p. 295) se referem a TIR como “o retorno exigido pelo investidor, que resulta em um VPL zero quando ela é usada como a taxa de desconto.”. O VPL é utilizado para determinar a rentabilidade de um projeto e pode ser calculado pela Equação (1) e a TIR é a taxa de desconto que iguala o VPL a zero .

Outro indicador bastante utilizado é o payback. Payback Descontado é uma ferramenta útil para avaliar a viabilidade de projetos de investimento, pois leva em conta a valorização do dinheiro ao longo do tempo e permite que os investidores avaliem se o retorno do projeto é suficiente para compensar o investimento e a taxa de desconto utilizada (BRIGHAM; HOUSTON, 2016).

3 METODOLOGIA

3.1 ABORDAGEM METODOLÓGICA

A ciência é um processo que busca o conhecimento de forma racional e sistemática, tendo a pesquisa como fonte para alcançar seus objetivos, e em que o caminho, a forma e a lógica do pensamento são descritas pelo método (VERGARA, 2014). O método é um dos pilares que remete à construção do conhecimento científico confiável (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). Segundo Vergara (2014), os métodos podem ser considerados em duas esferas. A primeira envolve a divisão em três grandes métodos: a) hipotético-dedutivo, b) fenomenológico e c) dialético. Essa divisão é considerada por Marconi e Lakatos (2021) como métodos de abordagem. Para essa pesquisa, se destaca o método dialético, que, segundo a autora, tem como foco o processo, em constante fluxo e transformação, no qual o homem constrói e é construído pela sociedade.

Na segunda esfera, os métodos constituem etapas mais concretas de investigação. Assim, Marconi e Lakatos (2021) os chamam de métodos de procedimento. No método de estudo de caso se destaca a necessidade de análise em profundidade do caso, uso de vários instrumentos de coleta de dados e interação entre o pesquisador e o objeto da pesquisa (CAUCHICK et al., 2018). Quanto à escolha do método neste estudo, se segue os ensinamentos de Yin (2015), especialmente em três condições:

- a) Tipo de questões de pesquisa, no caso, o problema enfatiza a palavra “como”;
- b) A extensão do controle do pesquisador sobre os eventos, no caso, os eventos não são controláveis; e
- c) Enfoca eventos contemporâneos em oposição aos eventos históricos, no caso, os eventos são atuais, embora possam ter um grau de ligação com eventos passados, por exemplo, a cultura organizacional. Entretanto, o foco está no presente e nas possibilidades de intervenção para processos futuros.

O último item também justifica a necessidade de aprofundamento nas relações, outro fator que faz o método de estudo de caso ser escolhido para conduzir esta pesquisa. Yin (2015, p. 17 e 18) define em duas partes o estudo de caso. A primeira esclarece que o estudo de caso é uma investigação empírica que “investiga um fenômeno contemporâneo (o caso) em profundidade e seu contexto com o mundo real,

especialmente quanto os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes”. A estruturação da pesquisa foi formalizada por meio de protocolo de pesquisa, seguindo as seis etapas propostas por Cauchick et al. (2018, p. 130):

- 1) Definição da estrutura conceitual teórica;
- 2) Planejar o caso;
- 3) Conduzir um teste piloto/ entrevista teste;
- 4) Coletar dados;
- 5) Analisar dados, e
- 6) Gerar relatório.

Desta forma, após definidos o problema da pesquisa, e os objetivos se buscou o entendimento teórico da temática da Simbiose Industrial, sua origem e conceitos. Além da sua aplicabilidade no Brasil e o relacionamento com temáticas emergentes como o Desenvolvimento Sustentável, a Economia Circular e a Reciclagem. Também se buscou entender a forma de implantação, as barreiras e o contexto enquanto um sistema. Por fim, foi incluído bases teóricas para a análise de viabilidade econômica, e de impacto social e ambiental das atividades de reciclagem.

Com as informações de base do referencial foi possível planejar o trabalho. Assim, o projeto do estudo de caso foi classificado como estudo de caso único (o caso da Simbiose Industrial no Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria), representativo em virtude da problemática da expansão sustentável em parques industriais com a investigação de mais de uma unidade de análise (as indústrias localizadas no Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria).

No contexto apresentado, o estudo de caso é focado na Simbiose Industrial no Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria – RS, e as indústrias estabelecidas no local, as unidades de análise do trabalho. O Parque de Santa Maria foi escolhido em função do seu estágio de desenvolvimento “lento”, pois foi criado na década de 70 e atualmente possui menos de 50% da sua área ocupada por empresas, dentro do conceito definido na introdução desta pesquisa como parques em desenvolvimento.

A investigação busca compreender como implementar a Simbiose Industrial em parques em fase de desenvolvimento. Trata-se, então, de um fenômeno contemporâneo que requer um estudo em profundidade e está intrinsecamente ligado ao contexto do

mundo real, sem limites claramente definidos. O Quadro 5 sintetiza as etapas descritas acima e construção da pesquisa.

Quadro 5 – Protocolo de pesquisa

Etapas	Etapas e Questões	Respostas	
Definição do referencial	Mapear a literatura	Base teórica da Simbiose Industrial As redes de Simbiose no Brasil Compartilhamento e Reciclagem	
	Delinear as preposições	Políticas do local; Possibilidades de relacionamentos ou precursores Contribuição da SI para o crescimento sustentável do parque	
	Delimitar fronteiras	Local: O Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria Tema: Simbiose Industrial Planejada	
Planejar o caso	Qual o caso?	Simbiose Industrial do Parque Industrial	
	Que tipo de caso?	Único, representativo	
	Quais as unidades de análise	Empresas do Parque Industrial	
	Tipo de pesquisa	Descritiva e exploratória	
	Meios de coleta dos dados	Entrevista, observação, visita técnica, documental, pesquisa bibliográfica.	
Entrevista piloto	Questionário semiestruturado	Entrevista à indústria âncora – ind. 1; Esboço resultados; Ajuste das questões.	
Coletar dados	Contatar as unidades de análise	Potenciais entrevistados: Gerentes de produção, gestores, associações, governo;	
	Registrar dados	Relatórios e planilhas de dados coletados;	
	Limitar os efeitos do pesquisador	Gravação das entrevistas e foco nos objetivos propostos para o estudo;	
Analisar dados/ construir qualidade da pesquisa	Garantias da qualidade	Validade Interna	Comparar práticas encontradas no caso estudado com as da literatura
		Validade Externa	Busca pela generalização teórica com base em pesquisas anteriores
		Confiabilidade	Uso do protocolo da pesquisa, das etapas e estruturação da investigação
		Validade do Constructo	Será alcançada por meio de diferentes fontes de dados, incluindo entrevista semiestruturada com diferentes atores, visitas técnicas, pesquisa documental e revisão bibliográfica
Gerar relatório	Implicações	Contribuições da Pesquisa, Discussões e Conclusões	

Fonte: Adaptado de Cauchick et al. (2018, p. 130)

Quanto aos fins da pesquisa, como definido por Vergara (2014) ou aos propósitos da pesquisa, conforme descrito por Yin (2015, p. 9), se destacam três diferentes tipos de estudo de caso:

- Estudo de caso explicativo: tem por meta esclarecer quais fatores contribuem para a ocorrência de determinado fenômeno, explicar por que uma condição ocorre.
- Estudo de caso descritivo: tem por meta descrever as características de determinada população e pode também estabelecer relação entre as variáveis e definir a sua natureza;
- Estudo de caso exploratório: tem por meta desenvolver hipóteses ou proposições para estudos posteriores, prioritariamente realizadas em áreas com pouco conhecimento acumulado ou sistematizado.

Neste trabalho, a pesquisa é classificada como estudo de caso descritivo, com o objetivo de descrever as características do local de estudo e seu estado atual em relação à temática proposta. E, como estudo de caso exploratório, uma vez que busca desenvolver proposições futuras por meio de cenários e simulações computacionais. Nesse aspecto, se destaca o descrito por Yin (2015, 228) em que a pesquisa pode ser complementada “com o uso de outros métodos, quantitativos ou qualitativos”.

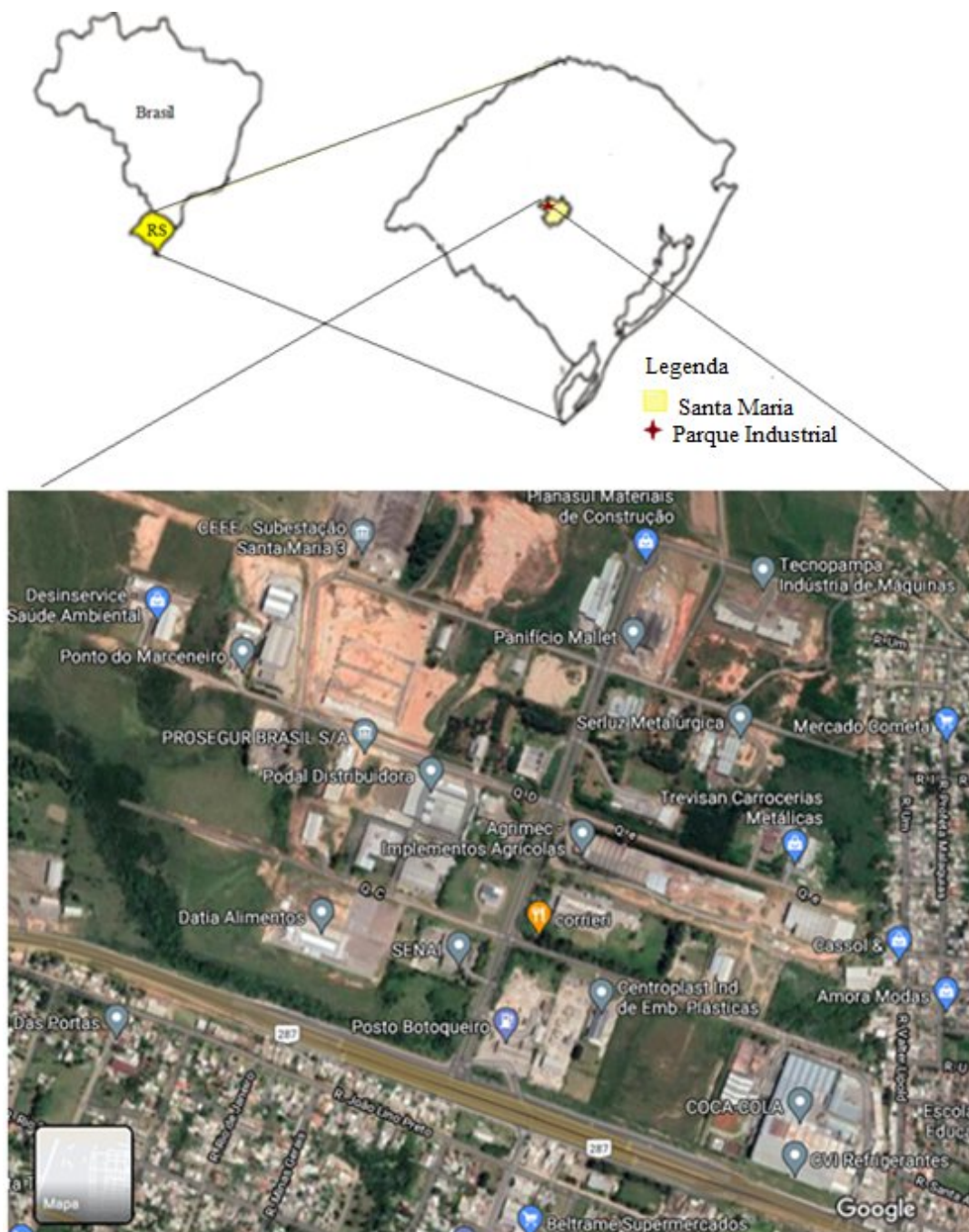
Outra preocupação do estudo diz respeito à avaliação de sua qualidade. Neste aspecto, Yin (2015) destaca a validade do constructo, a validade interna, a validade externa e a confiabilidade. A validade do constructo se refere “à precisão com a qual as medidas de um estudo de caso refletem os conceitos que estão sendo estudados” (YIN, 2015, p. 247). Na presente pesquisa, a validade do constructo será alcançada por meio de diferentes fontes de dados, incluindo entrevista semiestruturada com diferentes atores, visitas técnicas, pesquisa documental e revisão bibliográfica. O autor prossegue na segunda parte mencionando que a situação encontrada neste tipo de método é diferenciada, pois existirão mais variáveis de interesse do que pontos de dados, além de contar com múltiplas fontes de evidência e se beneficiar do desenvolvimento de estudos anteriores para orientar a coleta e a análise dos dados.

A validade interna está relacionada à ligação de causa e efeito, excluindo relações falsas e rejeitando hipótese rivais. A validade externa se refere à possibilidade de generalização teórica. Já a confiabilidade está associada à coerência e à replicação dos procedimentos de pesquisa (YIN, 2015).

3.2 O CASO ESTUDADO

O local do estudo é o Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria - RS. Está localizado no distrito sede do município de Santa Maria - RS, na região oeste da cidade, no bairro Agroindustrial. A Figura 9 apresenta a localização do Parque.

Figura 9 - Localização do Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria



Fonte: Google Maps (2022)

O município de Santa Maria tem uma população estimada em 2020 de 283.677 pessoas. Em 2019, 29,2% da população ocupada possuía um salário médio mensal estimado em 3,1 salários mínimos. A área da unidade territorial em 2020 é de 1.780,194 km² (IBGE, 2023).

Na década de 70, o Estado do Rio Grande do Sul, assim como outras unidades da federação, buscava soluções para fortalecer o crescimento da economia. Neste contexto, apoiado por políticas estaduais, o Distrito Industrial de Santa Maria foi oficialmente instalado em 1975, e as primeiras indústrias se fixaram no local em 1977. Após discussões iniciais sobre a sua localização, ele foi estabelecido em uma área desapropriada da Fazenda Santa Marta, na Região Oeste da Cidade.

Em 2020, o Distrito Industrial de Santa Maria passou a ser denominado Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria, visando questões estéticas e atratividade para novas indústrias, além de incluir o Santa Maria Tecnoparque no contexto do Parque Industrial. O Santa Maria Tecnoparque foi inaugurado em dezembro de 2013 e agrega empresas e instituições, entre seus objetivos, se destaca a promoção do desenvolvimento econômico e sustentável regional (SANTA MARIA TECNOPARQUE, 2021).

O Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria foi escolhido para este estudo, pois se enquadra no conceito de Parques em Desenvolvimento, conforme apresentado na Introdução desta pesquisa. Parque existente, que quando comparado com alguns distritos industriais fundados na mesma época tem um crescimento lento ao longo do tempo e possui áreas disponíveis. Pode-se verificar a área disponível em comparação com empreendimentos similares fundados na mesma década no Quadro 6.

Os dados relativos ao PIB per capita e ao percentual do PIB do setor industrial apresentados no Quadro 6 têm como referência 2020, último ano com dados disponíveis na série estatística do IBGE até o momento da realização deste trabalho. Apesar deste período de 2020 ser influenciado pela pandemia da Covid 2019, verificou-se com base no ano de 2019 que as diferenças entre os percentuais de cada município se manteve, não interferindo na demonstração proposta neste trabalho.

Quadro 6 – Parques e distritos industriais criados na década de 1970 no RS

Nome	Ano	Área (ha)	Nº Ind.	Área disp.	*PIB Mun/ Per capita	**PIB Ind.
P.I. de Santa Maria	1975	329	***41	+50%	R\$ 30.810	13%
P. I. de Rio Grande	1974	2526	37	27%	R\$ 47.045	31%
D. I. de Cachoeirinha	1975	262	68	Não	R\$ 42.964	23%
D. I. de Gravataí	1979	301	27	Não	R\$ 37.518	42%
D. I. de Canoas - PI Jorge Lanner	1975	+70ha		Ampliado 2018	R\$ 53.031	41%

* Produto Interno Bruto do Município; ** Produto Interno Bruto da Indústria no Município, *** número de indústrias conforme levantamento da pesquisa, inclui-se o Santa Maria Tecnoparque como uma empresa.

Fontes: (COFIP RS - COMITÊ DE FOMENTO INDUSTRIAL DO POLO, 2023; GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, 2017; IBGE, 2023; INVESTRS, 2023; PREFEITURA MUNICIPAL DE CANOAS, 2023; RODRIGUES; RIBEIRO, 2022; SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO, 2023)

Dentre os Distritos Industriais criados na década de 1970, é possível observar no Quadro 6 a existência de dois distritos: Cachoeirinha e Gravataí. Ambos possuem área semelhante ao Parque Industrial de Santa Maria (denominado distrito industrial até 2020). No entanto, já não têm lotes disponíveis para negociação. Além disso, outro grande conglomerado industrial, como o de Rio Grande, possui apenas 27% de suas áreas disponíveis para ocupação, e o distrito industrial de Canoas ampliou sua área em mais de 70 hectares em 2018 para a inserção de novas empresas.

Diante desse contexto, se torna relevante pensar em abordagens diferentes para o desenvolvimento pleno do Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria. O PIB industrial dos municípios também pode ser comparado, sendo que o setor industrial só contribui com 13% do PIB do município de Santa Maria. A expansão das atividades e negócios no Parque pode aumentar esse índice, uma vez que com mais empreendimentos, atividades, pessoal vinculado às indústrias, o PIB industrial de Santa Maria pode crescer.

Vale ressaltar que o Parque está localizado em uma região com uma população que necessita de emprego e renda, desta forma, o desenvolvimento dessa área industrial pode beneficiar os residentes locais com oportunidades de trabalho, capacitação profissional, incentivo à educação e melhoria da qualidade de vida em geral. O estudo

também pode estimular o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à Simbiose Industrial, criando um ambiente propício para a expansão sustentável do Parque.

3.3 COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Para demonstrar o processo de pesquisa, desmembrados na seção dos resultados, destaca-se cinco etapas apresentadas nas subseções 3.3.1 a 3.3.4.

3.3.1 Do Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria

Esta etapa serviu para atingir o primeiro objetivo específico “ Descrever a política administrativa e de inserção de novas empresas de um parque industrial”. Os dados foram coletados por meio de entrevistas com a Secretária de Desenvolvimento Econômico do Município, com as associações ASSIM, ADESM e Santa Maria Tecnoparque, e com um possível investidor no local.

Por meio de pesquisa documental (mapas) da Secretária de Desenvolvimento Econômico (SDE) e observação direta foi identificado em termos quantitativos o número de empresas inseridas no parque por década, e foi possível mensurar o percentual de empresas por segmento econômico. A pesquisa bibliográfica e entrevistas ao responsável pela SDE possibilitou descrever como funciona o processo de doação onerosa dos lotes, Ainda, dos dados quantitativos referentes ao total de empresas, ano de instalação, total da área ocupada e disponível, e informações qualitativas referentes à política de inserção das indústrias no local.

As entrevistas realizadas com as associações permitiram o entendimento do relacionamento no âmbito de gestão e gestão de resíduos entre a associações e o poder público. Em complemento foi entrevistado um empreendedor que no momento da pesquisa estava em trâmites com a prefeitura para a locação de um espaço no Santa Maria Tecnoparque ou de um lote (futuramente) no Parque. A Tabela 1 apresenta a duração das entrevistas, o segmento e a função do entrevistado.

Tabela 1 – Duração e entidades entrevistadas

Ref.	Duração	Segmento entrevistado	Função do entrevistado
1	0:30:15	Santa Maria Tecnoparque	Gestor
2	0:10:20	Associação ADESM	Colaborador
3	3:31:18	Empresa em processo de instalação	Empreendedor
4	0:53:57	Prefeitura – Secretária de Desenvolvimento	Secretário de Desenvolvimento
5	0:08:30	Associação Indústria em Movimento	Presidenta

As entrevistas foram realizadas durante os meses de Janeiro a abril de 2022, todas de forma presencial, na sede das instituições e gravadas com autorização dos entrevistados.

3.3.2 Dos Resíduos, utilização de água e energia no Parque

A segunda etapa visa cumprir com o objetivo específico de entender o contexto da gestão de resíduos e do uso de recursos renováveis de um parque industrial. O Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria foi escolhido por estar inserido, conforme demonstrado na seção 3.2, na definição de parques em desenvolvimento.

Nesta etapa, as unidades de análise são as empresas instaladas no Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria. Para isso, foram semiestruturadas questões para as entrevistas, estas foram adaptadas dos estudos de Patrício et al (2018) e Colpo et al (2021). O questionário semiestruturado é apresentado no Apêndice B.

Iniciou-se a pesquisa com o contato com uma indústria considerada possível âncora do processo de simbiose industrial no Parque. Este contato foi por e-mail. Nesta empresa foi realizada a entrevista piloto por meio de videoconferência (em virtude da pandemia COVID19) e com o uso de gravação de áudio. A entrevista ocorreu em março de 2022. Preparou-se um primeiro esboço dos achados nesta entrevista com gráficos e o questionário foi ajustado.

Após, foram enviados convites para a pesquisa por meio de e-mail, contato em redes sociais a todas as empresas localizadas no Parque, num total de 41. Apesar do momento da pandemia e restrições pontuais das empresas, 5 empresas aceitaram participar de forma direta, e dentre elas em 4 foi realizada visita técnica ao setor produtivo

e ao local destinado à gestão dos resíduos. A busca por mais entrevistas foi cessada uma vez que as 6 empresas (empresa piloto e mais 5) representavam segmentos de atividades industriais em potencial para o estudo, e contemplava pequenas, médias e grandes empresas. A Tabela 2 apresenta a quantidade, duração de tempo das entrevistas, segmento e porte das empresas participantes desta etapa da pesquisa.

Tabela 2- Quantidade, duração entrevista, segmento e porte das empresas

Ref.	Duração	Empresas	Visita	Segmento	Porte
1	0:49:29	Empresa 1	Sim	Alimentação	Grande
2	0:18:20	Empresa 2	Sim	Alimentação	Pequeno
3	0:14:20	Empresa 3	Não	Metal Mecânica	Grande
4	0:16:10	Empresa 4	Sim	Metal Mecânica	Médio
5	0:12:40	Empresa 5	Não	Comércio	Médio
6	0:18:13	Empresa 6	Sim	Agrícola	Pequeno

As entrevistas ocorreram no período de março a novembro de 2022. Os dados quantitativos e qualitativos coletados por meio das técnicas de entrevista, observação direta e pesquisa documental foram registrados em uma planilha Excel. Organizados em tabelas e gráficos para uma melhor compreensão da gestão dos resíduos, sinergias existentes, possibilidades e usos reconhecidos e das barreiras e motivadores para a implementação da Simbiose Industrial no local.

3.3.3 Das oportunidades da Simbiose Industrial no Parque

Nesta etapa, a finalidade foi o objetivo específico de identificar as atividades empresariais locais e a matriz de sinergia por meio dos fluxos de entrada e saída dos resíduos. Desta forma, o primeiro passo foi a identificação das atividades e dos possíveis resíduos de todas as empresas residentes ou em processo de implantação no Parque, totalizando 41 empresas.

Esses dados foram coletados por meio das entrevistas realizadas conforme descrito na subseção 3.3.2 ou foram coletados por meio dos sites e redes sociais das empresas por meio de pesquisa documental. Para a identificação dos resíduos, destas últimas, foi considerado o setor e a natureza decorrente da atividade industrial. As

empresas residentes no Santa Maria Tecnoparque não foram incluídas, uma vez que não possuem atividade industrial propriamente dita.

Para análise das oportunidades e possibilidades de sinergia entre as atividades foi utilizada uma matriz de sinergia. Essa abordagem de matriz de sinergia é comumente utilizada em pesquisas acadêmicas (ELABRAS VEIGA, 2007; FARIA, 2022; MIYAMOTO; COSTA; CANDIANI, 2022; SANTOS, 2013), e também foi apresentada na seção 2.4.1 do referencial teórico.

Na matriz de sinergia são relacionados os resíduos gerados por cada atividade e analisado o potencial de reaproveitamento ou reuso. Para identificar possíveis compartilhamentos é realizada pesquisa bibliográfica, além do apoio das entrevistas realizadas com as empresas descritas na seção 3.3.2.

3.3.4 Da Viabilidade econômica, impacto ambiental e social de uma recicladora

Nesta etapa o foco é no objetivo específico de avaliar o impacto econômico, ambiental e social de uma atividade industrial - elo de ligação entre empresas. Para isso foi escolhida uma possibilidade de negócio apresentada na seção 4.3

A coleta de dados foi voltada para a análise dos impactos econômicos, sociais e ambientais de um possível elo simbiótico identificado na matriz de sinergia (reciclagem de plástico do tipo PET). Para análise socioeconômica e ambiental, foram utilizados como base:

- a) pesquisa documental (orçamentos e projeções de empresas especializadas em equipamentos, valores de salários da categoria);
- b) pesquisa bibliográfica (dados da perda do processo produtivo, referências do impacto socioambiental com os processos de reciclagem;
- c) entrevista com o presidente da Associação dos recicladores de Santa Maria

Coletados e organizados estes dados, as variáveis (oferta de resíduos, custo dos resíduos, preço dos pellets e custos fixos de produção) foram projetados em faixas mínimas e máximas, devido à incerteza da exatidão dos valores.

A simulação de Monte Carlo foi adotada como abordagem neste estudo devido à sua capacidade de criar um modelo que considera os resultados possíveis com base em distribuições de probabilidade de variáveis aleatórias equiprováveis. Esse método calcula

repetidamente os resultados, utilizando valores diferentes dentro dos intervalos mínimo e máximo estabelecidos pelo usuário (ANDERSEN, PANOSETTI, REUTER, 2019). Os números são pseudo-aleatórios e a forma da distribuição pode ser definida pelo usuário (BUSSAB; MORETTIN, 2017)

Essa simulação foi realizada por meio do software RStudio, versão 2022.12.0, por meio do comando “runif”, com 10.000 linhas de interações. Os códigos utilizados para a geração da distribuição uniforme das variáveis são apresentados no Apêndice D. As distribuições de probabilidade representam uma forma muito mais realista de descrever incerteza em variáveis de análises de risco (ANDERSEN, PANOSETTI, REUTER, 2019). Optou-se por uma distribuição uniforme, uma vez que neste tipo de distribuição cada resultado possível tem uma chance igual ou probabilidade de acontecer (SHARPE; VEAUX; VELLEMAN, 2011). Os valores são estabelecidos de forma aleatória mas a maior parte dos dados não está em torno da média.

Os resultados foram transferidos para uma planilha Excel, onde o resultado do exercício foi calculado. A partir do resultado do exercício e das projeções de investimento e valor residual do investimento, foram calculados o VPL, a TIR e o Payback para dois cenários.

O primeiro cenário considerou a alocação da empresa conforme os termos atuais de doação onerosa do lote. O segundo cenário envolveu uma iniciativa pensada para fomentar esse tipo de negócios. E, para estimar a probabilidade de os resultados do VPL serem positivos e a TIR ser igual ou superior ao pretendido, se utilizou o software complemento “COM” do Excel *Crystal Ball* (licença quinzenal livre).

Os dados referentes a valores monetários são apresentados em Reais (R\$) e em dólar (USD) em atenção ao avaliador estrangeiro constante na banca de avaliação deste trabalho. A taxa de conversão utilizada é de R\$ 4,77 por USD, valor datado de 21/06/2023 pelo Banco Central do Brasil.

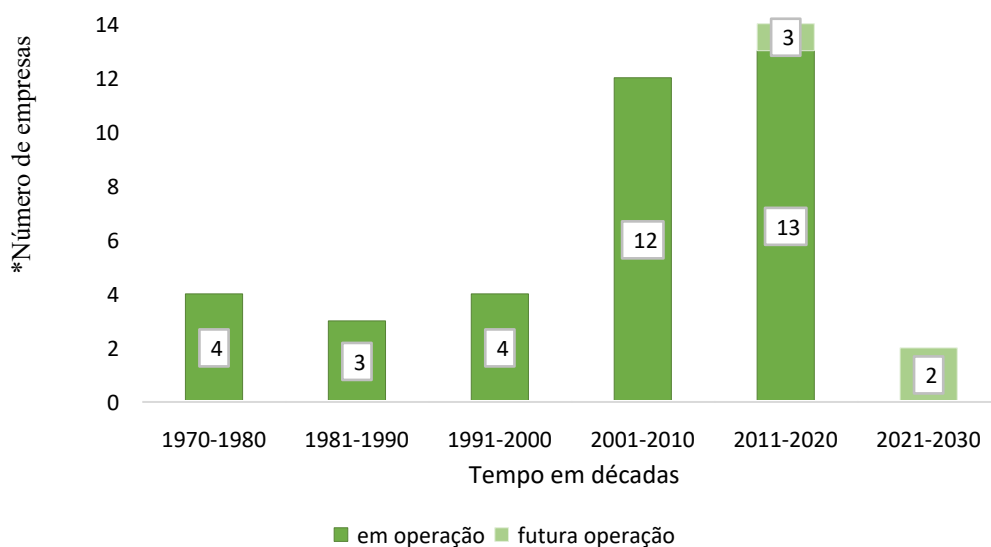
4 RESULTADOS

4.1 PARQUE INDUSTRIAL E TECNOLÓGICO DE SANTA MARIA

4.1.1 Desenvolvimento e política de expansão

O Parque está em desenvolvimento, de forma lenta conforme apresentado na seção de metodologia. É possível notar uma expansão no número de empresas nas últimas duas décadas. O montante de empresas instaladas por década pode ser visualizado na Figura 10, assim como o número de empresas que estão em processo de aquisição dos lotes.

Figura 10 - Instalação de empresas no Parque Industrial por década

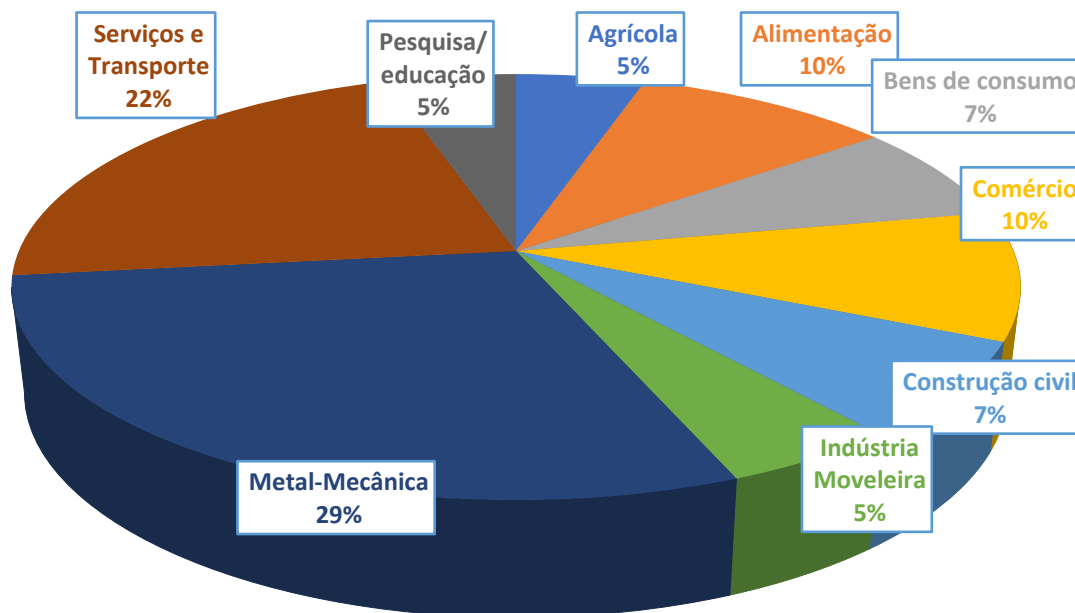


Atualmente, constam 41 empresas no local, sendo que 5 ainda estão em processo de implantação. Um destaque para os próximos anos, é a expansão de três empresas, a AGRIMEC, que já adquiriu terrenos para a implantação da terceira filial no local; a da FESMA Coca-Cola, com mais 6 mil m² para seu setor de expedição; e o Panificio Mallet, que tem o objetivo de construir um prédio com 2.000 m² e instalar painéis geradores de energia fotovoltaica (ASSIM - ASSOCIAÇÃO INDÚSTRIA EM MOVIMENTO, 2022).

As empresas identificadas no Parque foram distribuídas em nove setores conforme suas atividades principais. Os setores foram nomeados como: alimentação, metal mecânica, agrícola, serviços e transportes, comércio, construção civil, educação e pesquisa, moveleira e bens de consumo. O Santa Maria Tecnoparque é apresentado como

uma empresa alocada no Parque industrial no setor de educação e pesquisa. A distribuição dos setores industriais presentes no Parque é apresentada na Figura 11.

Figura 11 - Distribuição setores no Parque



Quanto às atividades operacionais, se destaca a indústria metal mecânica, com a identificação de oito empresas em atuação e mais duas em fase de implantação. A maior empresa em termos de pessoal ocupado nesta atividade possui 343 colaboradores. Contudo, a maior empresa em número de funcionários pertence à área de alimentação, contando com 690 funcionários. Essas duas empresas são consideradas âncoras da pesquisa devido à sua expressividade em termos de área ocupada e atuação no local.

Nas subseções 4.1.2 a 4.1.4, a pesquisa apresentará o papel e a interligação das associações presentes no parque, o envolvimento do governo local, as perspectivas de um empreendedor no ramo de reciclagem, e a ocupação dos lotes do Parque.

4.1.2 O papel das associações e instituições

O Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria engloba não apenas indústrias tradicionais de transformação, distribuição e transporte, mas também instituições e

associações que apoiam o seu desenvolvimento. Dentre elas, se destacam a Associação Indústria em Movimento – ASSIM, a Agência de Desenvolvimento de Santa Maria – ADESM e o Santa Maria Tecnoparque.

A ASSIM é composta por um grupo de empresários e gestores de empresas do Parque. Em 2019, a antiga Associação Distrito Vivo – ADV, que estava prestes a completar 15 anos, alterou seu formato de atuação e adotou um novo *slogan*: ASSIM MOVIMENTA. Seu objetivo é unir os empresários locais para fortalecer, de forma conjunta, a capacidade produtiva, tecnológica e de inovação. Suas ações incluem cobrar do poder local melhorias na infraestrutura do local, desburocratização de alvarás e agilidade na análise da prefeitura para o processo de liberação dos lotes.

A Agência de Desenvolvimento de Santa Maria – ADESM foi criada em 2011 para apoiar as demandas das empresas instaladas no parque, contando com recursos dos fundadores e da prefeitura. Lançou o PED 2014/2030 – Plano Estratégico de Desenvolvimento de Santa Maria, com foco em 14 fóruns temáticos para impulsionar o crescimento de Santa Maria, com destaque para o APL Centro Softer e o APL Polo de Defesa e Segurança. Contudo, após dois anos da sua criação, a prefeitura deixou de contribuir, e aos poucos, empresas e colaboradores se afastaram dos projetos. Atualmente, a instituição é mantida apenas por colaboradores voluntários, que continuam desenvolvendo projetos nas áreas de educação e pesquisa de dados, com o apoio de instituições de ensino superior, como o Projeto Tratado Cidadão e o Santa Maria em Dados.

O Santa Maria Tecnoparque tem como finalidade “promover o desenvolvimento sustentável através da colaboração e engajamento dos seus servidores” (SANTA MARIA TECNOPARQUE, 2022, p. 01). Este foi criado em 2013 com recursos de emenda parlamentar. Segundo a gestora de planejamento estratégico do Santa Maria Tecnoparque, sua missão atual está em apoiar pequenas empresas com foco tecnológico em seu desenvolvimento e futura alocação em um dos lotes do Parque Industrial.

A gestora destaca que existem empresas que começaram com um funcionário e uma sala em 2015 e que agora possuem oito funcionários e ocupam mais de uma sala. No entanto, devido aos riscos do negócio, ainda não está fortalecida o suficiente para participar do processo de doação onerosa dos lotes. Por meio da chamada “doação onerosa”, a Prefeitura doa lotes para empresas dos ramos da indústria, logística e tecnologia e, em contrapartida, elas financiam melhorias na infraestrutura do local.

O Santa Maria Tecnoparque e a ADESM possuem interação direta, visto que possuem muitos colaboradores em comum. Já em relação à ASSIM, a aproximação ocorre em eventos pontuais, sem nenhuma ação conjunta efetiva. A ADESM foi a única instituição que incluiu o Desenvolvimento Sustentável em seu plano estratégico, estabelecendo metas para a gestão de resíduos do Parque.

4.1.3 O papel da prefeitura e a destinação dos lotes

A Prefeitura Municipal de Santa Maria atua como gestora administrativa da doação dos lotes. A transferência dos lotes do estado para o município ocorreu em 2009, no entanto, a correção das matrículas foi concluída em 2018. A área total do Parque Industrial é de 329 hectares, dos quais 164 hectares possuem matrículas registradas. Dentre esses, ainda restam mais de 30 lotes a serem negociados.

Os menores lotes disponíveis possuem 2.700m². Os outros 165 hectares estão em fase final do projeto urbanístico, com 90% do projeto concluído, realizado pelo Instituto de Planejamento (IPLAN). O projeto prevê lotes em média de 3.000 a 4000 m², e áreas de 10.000 a 12.000 m². A Figura 12 apresenta a distribuição da área total do Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria.

Figura 12 - Distribuição da área do Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria

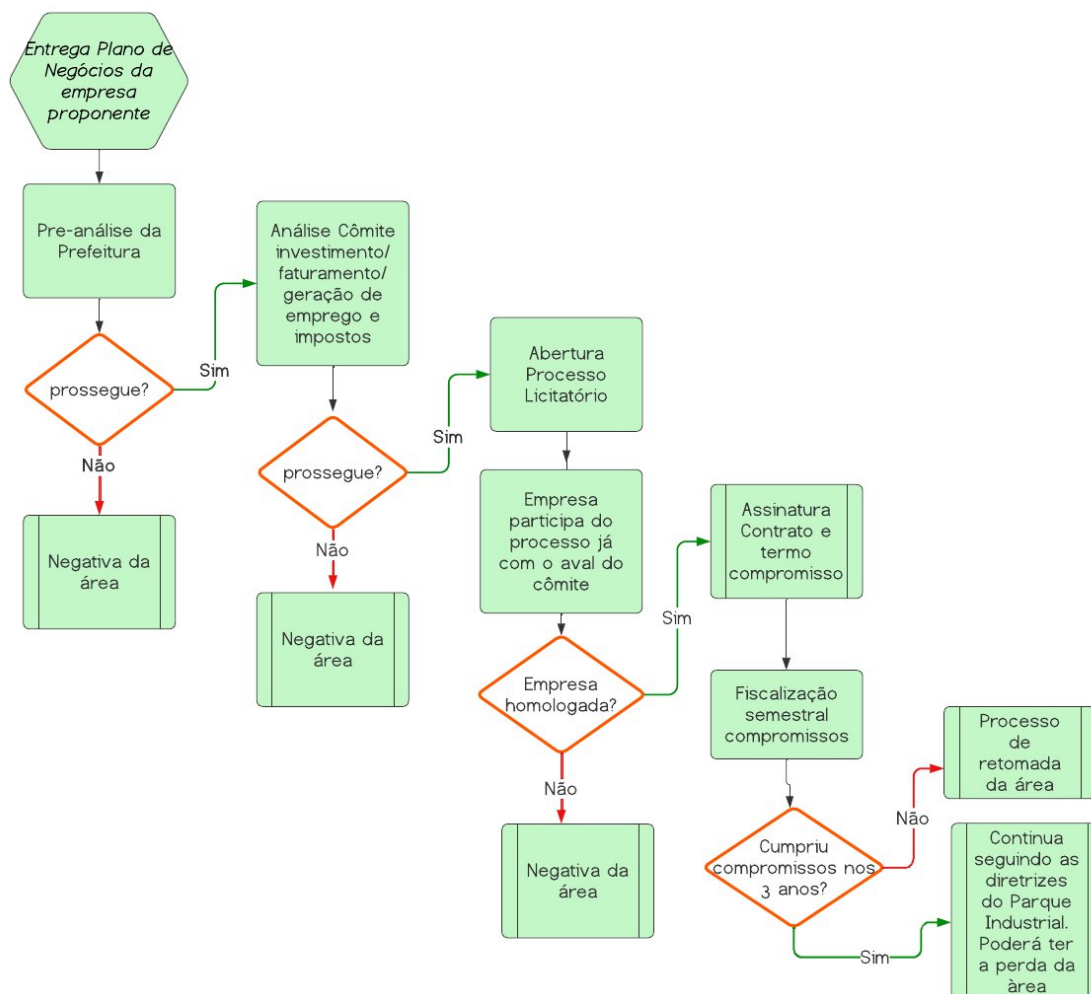


Fonte: Adaptado do MAPA disponibilizado pela Prefeitura, 2022

A Prefeitura, por meio da Lei 6.043/2016 (SANTA MARIA - RS, 2016) e do Decreto 88, regulamenta a “doação onerosa” dos lotes aos interessados. Uma das principais regras é a atividade que deve ser industrial, no ramo de transformação, fabricação, logística (incluindo o transporte de cargas) ou tecnologia.

O primeiro passo para o processo de doação onerosa é o preenchimento da Carta Consulta, disponível no site da prefeitura, na qual devem constar dados como o valor do investimento a ser realizado em melhorias da área, a previsão de faturamento, geração de empregos e impostos, e quando possível, o histórico da empresa. A Figura 13 apresenta o fluxograma do processo de distribuição dos lotes.

Figura 13 - Fluxograma doação onerosa dos lotes



Fonte: Desenvolvido a partir entrevista Prefeitura Municipal, 2022

Quanto aos prazos, estes seguem os estabelecidos pela Lei 14.133/2021 (BRASIL, 2021), chamada Lei das Licitações, que também estabelece regras para doações de áreas públicas. Segundo o secretário adjunto de Desenvolvimento Econômico e Turismo atualmente o tempo decorrido do início ao final do processo é de 3 a 4 meses. Após a homologação da empresa no processo licitatório, é assinado o contrato com o termo de compromisso, a partir do qual passam a ser contados os seguintes prazos:

- 30 dias para protocolar projetos e licenças, e, após aprovado;
- 6 meses para iniciar e, no máximo, 2 anos para entrega final da obra.

No Termo de Compromisso entre a Empresa e a Prefeitura consta o prazo estabelecido pelo Comitê para a melhoria da área, que é a contrapartida na melhoria da estrutura do Parque. Dentre os compromissos da empresa, estão:

- Até três anos para cumprir o estabelecido nos quesitos de faturamento, geração de empregos e impostos;
- Prestação de contas semestral.

Passados os 3 anos e cumpridas as metas pré-estabelecidas no termo de compromisso, é possível realizar a venda do lote com a anuência da PMSM ou permanecer no local, seguindo as diretrizes do Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria.

A infraestrutura do local é um dos principais problemas enfrentados, incluindo o acesso e o asfaltamento dos eixos secundários. Segundo o secretário, a drenagem pluvial está sendo retomada, e, posteriormente, será possível realizar o asfaltamento dos eixos secundários. No momento, está sendo realizado um investimento, com a contrapartida das empresas, para o cercamento com gradil de concreto em uma área aproximada de 2.800.000 m². Esse cercamento tem o objetivo de atenuar problemas de ocupações irregulares e inibir o descarte de todo tipo de resíduos por parte da população.

Outra questão diz respeito à denominação do local, que foi alterada em 2020 de Distrito Industrial de Santa Maria para Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria. No entanto, tanto as placas de identificação do local quanto muitas empresas ainda não atualizaram seus dados cadastrais. Como resultado, os dois nomes, o oficial e o anterior, coexistem tanto no local quanto nos sites e redes sociais dos ocupantes do Parque.

No que diz respeito aos novos empreendimentos no local, dois setores que estão interessados em se instalar no Parque são o de transportes e reciclagem. Um exemplo no setor de reciclagem é um empreendedor que tem a intenção de produzir blocos de concreto utilizando diversos tipos de resíduos, incluindo resíduos hospitalares e animais mortos. Caso esse negócio seja concretizado, poderá solucionar um problema enfrentado pelo município, já que atualmente não há um local apropriado para a destinação de animais mortos, como cavalos.

Embora haja menções de interesse por parte de empreendedores da área de economia verde na obtenção de lotes, falta um planejamento estruturado para atrair empresas sustentáveis para Santa Maria. A Prefeitura tem buscado captar empresas

através da participação em eventos e da divulgação de cartilhas sobre Santa Maria. No entanto, não se percebe uma ação direta do governo municipal em relação à temática da sustentabilidade. Em relação ao desenvolvimento e estabelecimento de indústrias locais, a Prefeitura apoia a criação de um Coworking Industrial no Parque, disponibilizando os lotes, mas no momento não possui recursos para os custos de infraestrutura do projeto.

4.1.4 Estratégia de empreendedor no ramo de transformação dos resíduos

Experiências na gestão ambiental no ramo sucroalcooleiro e em Santa Maria no transporte de cargas por via ferroviária despertaram o interesse de um empreendedor formado em administração e gestão ambiental na transformação de resíduos em novos produtos. Em conjunto com outros empreendedores, foi criada uma cooperativa focada em práticas de trabalho sustentáveis, não apenas na produção, mas em sua organização como um todo. Desta forma, quando identificam oportunidades na área, considerando a demanda e a oferta, buscam parceiros para concretizar os projetos, além de buscar incentivos fiscais e, quando necessário, propor alterações ou inclusões na legislação municipal.

A estratégia adotada pelo empreendedor é resumida em suas próprias palavras: "fazer o melhor com os recursos disponíveis, buscando a transformação do produto, e, se necessário, aprimorá-lo por meio de pesquisa e desenvolvimento". No entanto, ele destaca um desafio importante para impulsionar o desenvolvimento sustentável no parque: a atuação restritiva da FEPAM, que, segundo ele, impõe barreiras à entrada de certas tecnologias de transformação de resíduos, inclusive afetando um de seus negócios relacionados à homologação de máquinas no Rio Grande do Sul.

Atualmente, o empreendedor está empenhado na implementação de uma planta de transformação de plásticos e outros resíduos urbanos em combustíveis como diesel e gasolina, com um gerador que permite a geração de energia sem custos adicionais. Além disso, ele busca criar créditos de carbono, visando a redução da pegada ambiental. Em sua justificativa para essa iniciativa, ele ressalta a necessidade mundial por energia, especialmente porque, apesar dos avanços dos carros elétricos e sua provável adoção no futuro, ainda não existem alternativas elétricas para tratores e retroescavadeiras, demandando ainda o uso significativo de combustíveis fósseis (uma consequência da natureza humana).

Outro projeto da cooperativa envolve a capacitação de costureiras para o reuso de uniformes militares. Esse projeto tem duas etapas distintas: a primeira consiste na descaracterização dos uniformes, que precisam ser tingidos para posterior reutilização pelas costureiras; e a segunda etapa envolve a utilização imediata dos uniformes despersonalizados para a confecção de estojos, bolsas e outros produtos. No entanto, o obstáculo para reutilizar uma maior quantidade de uniformes reside na ausência de uma empresa local em Santa Maria que possua certificação para o tingimento, o que implica em custos adicionais de envio para outras regiões do estado. Apesar disso, o apoio de entidades locais possibilitou o tingimento das primeiras 1.000 peças.

4.2 DOS RESÍDUOS, UTILIZAÇÃO DE ÁGUA E ENERGIA NO PARQUE

4.2.1 Perfil das empresas entrevistadas e o relacionamento com os resíduos

Foram entrevistadas seis empresas dos segmentos metal mecânico (2), alimentação (2), comércio e transportes (1) e de insumos agrícolas (1). O perfil dessas empresas é apresentado no Quadro 7.

Quadro 7- Perfil das empresas entrevistadas

Ref.	Porte	Func.	Setor Espec.	Gestor	Sinergia	Receita	Custo
1	Grande Porte	690	Sim	Eng. Sanitarista ambiental	Sim	Sim	Sim
2	Pequeno Porte	24	Não	Nutricionista	Não	Sim	Não
3	Grande Porte	343	Sim - terceirizado	Empresa Ambiental	Não	Sim	Sim
4	Pequeno Porte	21	Não	Empresa Ambiental	Não	Sim	Não
5	Grande Porte	150	Não	Gerente depósito	Sim	Sim	Não
6	Pequeno Porte	16	Sim-terceirizado	Engenheiro Químico	Sim	Não	Não

Conforme apresentado no Quadro 7, três empresas possuem algum tipo de relacionamento no compartilhamento de apenas um resíduo, paletes de madeira. Todavia, esses compartilhamentos são pontuais e não possuem contrato formal, ocorrendo

diretamente através do contato entre os responsáveis dos setores. Em um dos casos, o compartilhamento teve início devido à proximidade das empresas e à existência de uma tela separando a área dos fundos, o que possibilita a visualização das sobras.

Em termos percentuais, 83% das empresas geram algum tipo de receita com os resíduos, enquanto 33% têm custo de descarte em alguns de seus resíduos. Foram entrevistadas três empresas de pequeno porte e três de grande porte. Apenas uma empresa de grande porte possui um setor específico para o tratamento de resíduos. Na maioria dos casos, é possível notar a contratação de empresas especializadas em gestão ambiental para lidar com o descarte dos resíduos, tanto através de pagamentos por esse serviço quanto por meio de contratos estabelecidos com recicladores, que se encarregam de remover os materiais do local e oferecem uma compensação financeira pela quantidade coletada. Apenas uma empresa não obtém retorno financeiro direto, pois ela doa seus subprodutos. Ainda assim, ela se beneficia por não ter custo de descarte. Esse relacionamento, assim como na maioria das empresas, não ocorre com parceiros localizados no Parque. Duas empresas relatam ter custos na destinação dos resíduos.

Uma descoberta interessante é uma indústria de biofertilizantes que utiliza a casca de arroz como matéria-prima, um subproduto do beneficiamento do arroz, e também considera sobras de feijão como outro resíduo potencial para a produção de biofertilizantes. Embora esse resíduo não seja gerado especificamente no Parque, representa uma oportunidade de expansão das atividades sustentáveis. Vale destacar a reação de alguns gestores do setor alimentício diante da possibilidade de utilizar subprodutos. Durante a entrevista, um gestor enfatizou: "Só utilizo produtos de qualidade"

Nenhum dos entrevistados percebe uma atuação direta das associações ou do poder público no estímulo à sinergia entre as empresas no que se refere à destinação dos resíduos. As empresas têm como principal preocupação dar uma destinação adequada aos resíduos, em conformidade com a legislação vigente, e na maioria relatam desconhecer outras formas viáveis de descarte ou reaproveitamento. O receio de multas ou notificações é evidente em todas as entrevistas. Os entrevistados desconhecem conceito de Simbiose Industrial, entendem a troca quando possível como uma parceria pontual. Quanto à possibilidade de parcerias, embora todos estejam abertos a propostas, a resposta é mais reativa. Não se observa uma iniciativa ativa nesse aspecto, pois as preocupações estão voltadas para as questões específicas de seus próprios negócios.

4.2.2 Principais resíduos e sua destinação

No Quadro 8, são apresentados os principais resíduos identificados por meio das entrevistas, bem como o destino, a quantidade, a cidade de destinação conhecida (quando conhecida pelos gestores), e se o resíduo origina alguma receita, custo ou é doado. Na doação, o custo do descarte é eliminado, o que pode ser visto como um benefício econômico.

Quadro 8- Resíduos e suas destinações

Resíduos	Destino	Quant. por ano	Destinação	C/R
Lodo de ETE (não contaminado)	Reciclagem (Geração energia/adubo)	28 toneladas	Monte Negro	Custo
Papelão	Reciclagem	12 toneladas	Cachoeirinha	Receita
Papelão	Reciclagem	5,4 toneladas	Santa Maria	Receita
Papelão	Reciclagem	0,3 toneladas	Santa Maria	Doação
Vidro	Reciclagem	10 toneladas	Santa Maria	Receita
Plásticos flakes	Reciclagem	5,4 toneladas	Santa Maria	Receita
Plásticos diversos	Reciclagem	4,9 toneladas	Santa Maria	Receita
Ferro/ Metal	Reciclagem	3,2 toneladas	Santa Maria	Receita
Óleo saturado	Sabão/ detergente	2.400 litros	Santa Maria	Receita
Material Orgânico (sobras alimentos)	Alimentação suínos	72 toneladas	Santa Maria	Doação
Lodo Contaminado – Classe 1	Aterro sanitário específico	2.400 litros	Santa Catarina	Custo
Resíduos de varrição (escoria solda, ferro) Contaminado	Reciclagem (CETRIC)	84 m ³ – 1 contêiner mês + 1,4 toneladas	Santa Catarina	Custo
Sobras Aço e ferro	Reciclagem	50 a 120 toneladas	Santa Maria	Receita
Resíduos filtros/ bora de tinta	Não sabe	756 metros	Santa Maria	Custo
Descartes EPI	Não sabe	1,7 tonelada		Custo
Inox escória	Recicladora	72 toneladas	Santa Maria	Receita
Sobras farelo arroz sólido e Água lavagem	Alimentação animal	180 toneladas 288 mil litros	Santa Maria	Doação
Postes de concreto	Desmembramento	Sem dados	Farroupilha	Custo
Postes de madeira	Estocados	Sem dados	Santa Maria	Custo

Foram identificados durante as entrevistas um total de 17 tipos de resíduos, sendo que 8 deles são recolhidos e encaminhados para recicladoras. Com exceção do resíduo denominado "lodo", que não é contaminado, a maioria das empresas desconhece o destino final de seus resíduos, limitando-se a enviá-los para recicladoras, principalmente localizadas em Santa Maria, que atuam como intermediárias no processo de reciclagem. No caso do papelão, observa-se que o tratamento dado a esse resíduo varia dependendo da empresa geradora. Em duas empresas, o papelão é fonte de receita, sendo que uma realiza a operação de venda para uma recicladora de Santa Maria e a outra, que produz uma quantidade maior, envia-o para a cidade de Cachoeirinha – RS, localizada na região metropolitana da capital do estado, a cerca de 291 km de distância de Santa Maria. É importante destacar que em uma dessas empresas, uma associação realiza a separação dos recicláveis internamente e é responsável pela venda do papelão. Quanto ao Lodo de ETE, a empresa paga pela sua retirada, e esse resíduo é utilizado na geração de energia e adubo em Monte Negro - RS.

Com exceção dos resíduos sólidos e líquidos provenientes da extração do ácido fítico da casca do arroz, dos resíduos orgânicos alimentícios que são diretamente utilizados na alimentação animal por produtores locais, e, do óleo saturado que é comprado por uma cooperativa para transformação em sabão, os demais resíduos são entregues (comercializados ou doados) a intermediários. Essas empresas acumulam os resíduos e os revendem para outras empresas (sejam intermediárias ou recicladoras) em outros municípios e estados. O ácido fítico é um composto orgânico presente em certos alimentos, como grãos e sementes, e pode ser utilizado como matéria-prima na produção de diversos produtos.

Os resíduos de aço, em particular, possuem destinação obrigatória. Resíduos em menor quantidade ou de difícil identificação para as empresas são destinados ao lixo comum. Durante uma visita técnica, por exemplo, foi observado um tipo de acrílico utilizado em expositores que, por não ser aceito pelas recicladoras locais, está sendo estocado temporariamente na empresa.

Outro resíduo, que foi mencionado durante uma reunião com empresários, são os postes de concreto, que atualmente são enviados para a cidade de Farroupilha – RS, localizada na região da Serra Gaúcha, a cerca de 282 km de distância de Santa Maria, para serem desmembrados em resíduos de concreto e ferro. A empresa diz que aguarda há pelo menos um ano a autorização da FEPAM para realizar esse desmembramento no

próprio parque, pois alega estar apta para essa atividade, faltando apenas trâmites burocráticos para obter a autorização. O empresário já revende os resíduos de ferro e concreto para recicladoras, mas quer evitar os custos de transporte e desmembramento realizados em Farroupilha - RS. Além dos postes de concreto, há também os postes de madeira que estão armazenados sem destino.

4.2.3 Da utilização da água, energia elétrica, estruturas físicas e de conhecimento

A Simbiose é frequentemente associada ao compartilhamento de resíduos, mas também abrange o compartilhamento de serviços, energia e conhecimento. Nesse sentido, durante as entrevistas, foram identificadas as fontes de água e os métodos de geração de energia utilizados pelas empresas. O Quadro 9 apresenta as fontes empregadas no uso e reuso da água, bem como a origem da energia elétrica utilizada nas empresas entrevistadas.

Quadro 9 – Identificação das fontes de água e energia

Ref.	Grupo	Porte	Água	Energia Elétrica
1	Alimentos	Grande	Estação de Tratamento de Efluentes	Renovável – geração terceirizada
2	Alimentos	Pequeno	Empresa de abastecimento - CORSAN	Placas fotovoltaicas
3	Metal mecânica	Grande	Estação de Tratamento de Efluentes	Placas fotovoltaicas
4	Metal mecânica	Pequena	Empresa de abastecimento- CORSAN	Placas fotovoltaicas
5	Comércio Atacadista	Média	Empresa de abastecimento- CORSAN	Placas fotovoltaicas
6	Agrícola	Pequena	Poço artesiano e reuso	Concessionária - RGE

Não foi constatado nenhum tipo de compartilhamento de serviços de água ou energia elétrica (Simbiose Elétrica) durante as entrevistas. Apesar disso, se pode observar práticas voltadas para a redução de custos nessas áreas. Aproximadamente 83% das empresas já utilizam fontes renováveis de energia elétrica, e a empresa 6, que atualmente

utiliza a concessionária de energia, planeja instalar painéis solares para geração própria de energia. A empresa 1 possui um contrato com uma usina de geração de energia, o que lhe proporciona custos mais baixos. Vale ressaltar que se trata de uma grande indústria com alto consumo de energia elétrica. Essa abordagem pode ser considerada por outras empresas que ainda não possuem painéis solares e poderiam avaliar a viabilidade de um consórcio para aquisição de energia limpa. Um estudo de viabilidade sobre consórcio de energia ou aquisição individual de painéis solares seria uma sugestão para pesquisas futuras, uma vez que esse estudo está além do escopo desta tese.

No que diz respeito ao serviço de abastecimento de água, as empresas de maior porte, que utilizam uma quantidade significativa desse recurso, possuem estações de tratamento de efluentes. Uma pequena empresa, porém, com alto consumo de água em sua produção, utiliza um poço artesiano e um processo de reutilização da água. Outra empresa, mesmo possuindo um poço artesiano em suas instalações, diz que optou por não reativar o poço devido à burocracia junto à FEPAM para seu funcionamento. Nenhuma das empresas entrevistadas visualiza a possibilidade de compartilhar esse serviço.

No que se refere à geração de calor e energia, não foram identificadas oportunidades de compartilhamento entre as empresas. Observa-se que, quando possível, as empresas buscam utilizar suas fontes de calor para benefício próprio. Elas canalizam o vapor calorífico gerado em uma fase específica do processo produtivo para reutilizá-lo em outra etapa de sua cadeia produtiva, por meio de caldeiras.

Quanto ao compartilhamento de estruturas físicas e conhecimento, destaca-se a existência do Santa Maria Tecnoparque. No Parque Tecnológico, as empresas associadas podem compartilhar espaços para reuniões, capacitações e troca de conhecimentos. No entanto, não foram relatados casos específicos de compartilhamento de produção.

4.3 OPORTUNIDADES DA SIMBIOSE INDUSTRIAL NO PARQUE

4.3.1 Matriz de possibilidades de compartilhamento

As possibilidades de compartilhamento entre as 41 empresas do Parque são analisadas pela Matriz de Sinergia. O Quadro 10 apresenta uma descrição do setor, das

atividades e dos resíduos gerados (e possivelmente gerados) no Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria.

Quadro 10- Resíduos identificados no Parque Industrial

(Continua)

Setor	Atividades/ Porte da empresa	Resíduos
(1) Alimentos	Fabricação de bebidas (refrigerantes); Fabricação de alimentos (Panetones); Fabricação de alimentos (refeições coletivas); Fabricação de alimentos (panificação);	(1) Lodo de ETE, (2) Vidro, (3) Papel/Papelão, (4) Bombonas, (5) Aço Inox, *(6) Plástico flakes, (7) Lâmpadas, **(8) EPIs, (9) Plásticos diversos, (10) Óleo lubrificante, (11) Alumínio/ Cobre, (12) Paletes de madeira, (13) Plástico acrílico, (14) Ferro/ Aço, (15) Óleo saturado, *** (16) restos orgânicos, (17) uniformes usados
(2) Metal Mecânico	Fabricação de peças para máquinas e equip. do agro Fabricação de máquinas e equipamentos agro Fabricação máquinas CNC (automatizadas) Fabricação de equipamentos bebedouros, reservatórios, totens Fabricação peças arruelas, abraçadeiras Fabricação de estruturas metálicas, tubos customizados Fabricação de estruturas metálicas, aço estrutural Fabricação de implementos rodoviários Fabricação peças e acessórios para veículos automotores Fabricação de equipamentos industriais, elevadores e plataformas Produção de artefatos estampados de metal (telhas metálicas). Produção de malhas de ferro	(18) Lodo de ETE (classe 1), (19) Resíduos de varrição (mistura escoria solda, escoria de ferro), (9) Plástico diversos, (3) Papelão, (14) Ferro/ Aço, (20) Filtros/ bora de tinta, (8) EPIs, (5) Aço inox, (21) estopa
(3) Agrícola	Fabricação de biofertilizante líquido (extração ácido fítico do farelo de arroz) Fabricação de adubos, fertilizantes, defensivos agrícolas	(22) Sobra farelo arroz e rejeito aquoso (sem ácido fítico), (3) papel/papelão, (9) plástico.

Quadro 10- Resíduos identificados no Parque Industrial

		(Conclusão)
(4) Bens de consumo	Fabricação de embalagens plásticas Fabricação de produtos limpeza (alvejante) Fabricação de artefatos de material plástico	(3) Papel/ Papelão, (9) plásticos, (4) bombonas, (6) plásticos flakes, (21) material estopa
(5) Construção civil	Fabricação de tubos de concreto Fabricação de esquadrias de alumínio Fabricação de telhas	(23) Resíduos de concreto, (11) Alumínio/ Cobre (14) escórias de ferro e aço, (12) paletes de madeira
(6) Indústria moveleira	Fabricação de moveis com predominância em madeira Fabricação de móveis planejados	(24) serragem, (24) restos e aparas de madeira
(7) Serviços e transportes	Transporte e instalação de transformadores elétricos, Serviços de fotolitos, clichês, chapas para offset, fotogravuras, Serviços segurança/ segurança privada, Serviços de sistemas de irrigação/drenagem paralaavouras, Serviços de distribuição EE, Serviços de controle de pragas, higienização, sanitização, Serviços de climatização agrícola, (2) Transportes de cargas.	(10) óleo lubrificante usado, (25) postes de madeira (não podem ser incinerados), (22) Resíduos de concreto, (26) Esgoto urbano (14) ferro e aço, (17) uniformes, (8) EPIs
(8) Comércio	Comércio – Posto combustíveis/ conveniência, Comércio atacadista - distribuidora produtos, Comércio de peças metálicas, Comércio atacadista de materiais para fabricação de móveis.	(9) plástico, (3) papelão, (16) resíduos orgânicos, (12) paletes de madeira, ****(14) expositores aço
(9) Pesquisa e educação	Parque Tecnológico Capacitação Industrial Profissional	(9) Plástico, (3) papelão, (16) resíduos orgânicos.

*Plástico flakes: é o resíduo industrial que não chega ao consumidor. ** EPIs: óculos de proteção solda, viseiras, capacetes, roupa proteção solda

*** Bagaços, cascas de frutas e legumes. **** Definiu-se os expositores apesar de inteiros como resíduos de aço e ferro.

Com base nas informações do Quadro 10 foram identificados e categorizados em uma matriz de sinergia um total de vinte e seis tipos de resíduos. O Quadro 11 apresenta a matriz de possibilidades considerando os resíduos identificados.

Quadro 11- Matriz de possíveis sinergias

Resíduo/Setor	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 Lodo ETE	P		RR						
2. Vidro	P					P			
3. Papelão	P	P	P	P/RR	P	P	P	P	P
4. Bombonas	P/R	R	P/R	R	R	R	R	R	R
5. Restos aço inox		P							
6. Plásticos flakes**	P/RR			P/RR					
7. Lâmpadas	P	P	P	P	P	P	P	P	P
8. EPIs &	P	P		P	P	P			
9. Plásticos	P/RR	P	P	P/RR	P	P	P	P	P
10. Óleo lubrificante		P/RR					P/RR		
11. Alumínio/cobre		P			RR				
12. Paletes madeira	P		R		P	R		P	
13. Plástico Acrílico	P								
14. Escória Ferro/aço		P			P				
15. Óleo saturado	P								
16. Restos orgânicos	P		RR						
17. Uniformes	P	P/RR	P	P	P	P	P	P	P
18. Lodo ETE cont.		P/SC							
19. Res. de varrição		P							
20. Filtros de tinta		P	R		R				
21. Estopa cont.		P	R		R		P		
22. Sobra farelo arroz	RR		P						
23. Res. concreto					P/R		P		
24. Serragem/ restos de madeira						P		RR	
25. Postes madeira						R	P		
26. Resíduos orgânicos humanos			RR				P		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Legenda: P: produtor - R: receptor - RR: receptor com reciclagem – SC: serviço compartilhado
Setores: (1) Alimentos, (2) Metal mecânico, (3) Agrícola, (4) Bens de consumo, (5) Construção civil, (6) Ind. Moveleira, (7) Serviços e transporte, (8) Comércio, (9) Educação e Pesquisa

É importante ressaltar que essa classificação foi elaborada com base em entrevistas e fontes acadêmicas, considerando o potencial dos resíduos, mas sem considerar as peculiaridades dos processos locais. Essa abordagem de matriz de sinergia

é comumente utilizada em pesquisas acadêmicas (ELABRAS VEIGA, 2007; FARIA, 2022; MIYAMOTO; COSTA; CANDIANI, 2022; SANTOS, 2013).

Destaca-se que para estabelecer uma rede eficiente de sinergias de resíduos, é fundamental coletar informações abrangentes sobre a quantidade e as características dos resíduos gerados, bem como avaliar a viabilidade de seu uso direto ou por meio de processos de tratamento ou recuperação. Embora seja importante ressaltar essa necessidade, é possível realizar essa análise em um momento posterior, uma vez que compreender o contexto geral é fundamental para analisar cada caso específico de forma mais precisa.

Na matriz gerada foram identificados dezesseis (16) materiais residuais que poderiam ser empregados em outras indústrias, seja de maneira direta ou após passarem por processos de transformação. Esses resíduos foram analisados pensando nas empresas locais ou possíveis parceiras, bem como, na hierarquia estabelecida para a destinação adequada de resíduos (Figura 7) e são descritos abaixo juntamente com o número que os identifica na matriz de sinergia

O Lodo de ETE (1), Resíduos orgânicos do SETOR DE ALIMENTOS (16) e Resíduos orgânicos do SETOR DE SERVIÇOS e TRANSPORTE (26). A biomassa residual, que inclui subprodutos de estações de tratamento de efluentes e resíduos orgânicos (de alimentos e humanos), pode ser aproveitada para a geração de energia em fornos e caldeiras. Segundo (KONRAD et al., 2016), três técnicas podem ser mencionadas: gaseificação, pirólise ou digestão anaeróbia. Essas tecnologias podem resultar em diferentes produtos, como etanol, biodiesel, biogás, biometano, GNV verde, eletricidade, composto e biofertilizante. Com a técnica de digestão anaeróbia, a inserção de um biodigestor pode ser considerada. Por exemplo, o biogás pode ser direcionado ao SETOR AGRÍCOLA, resultando economia de lenha para combustão, ou pode ser convertido em GNV para uso do SETOR DE TRANSPORTES. Além disso, a energia gerada e o composto orgânico produzido podem ser utilizados pelo SETOR AGRÍCOLA.

O Lodo de ETE contaminado do SETOR METAL MECÂNICO (18) devido à contaminação e à falta de conhecimento específico sobre suas características, a destinação por uma empresa especializada ainda é a melhor opção. Um estudo de caso envolvendo o lodo de uma indústria petroquímica demonstrou que a digestão anaeróbia não estabilizou a massa nem produziu metano e biogás em níveis satisfatórios para aproveitamento energético na ETE (MAFIOLETI, 2019). Uma possibilidade é o

compartilhamento do serviço de remoção do material, reduzindo o custo de transporte do resíduo. Lembra-se que quase 30% das empresas do Parque pertencem ao setor metal mecânico.

No caso do papelão (3), a reciclagem dos resíduos de papel traz consigo uma série de benefícios ambientais e econômicos. Ao reciclar o papel, é possível economizar recursos naturais, como árvores, água e energia, além de reduzir as emissões de gases de efeito estufa. Resíduos de papel são matéria-prima para diversos produtos com diferentes valores agregados desde papel utilizáveis, jornais, guardanapos, papel de escritório e impressão, envelopes, caixas de papelão, papel de embrulho, embalagem de ovos, papel de parede, lã para isolamento térmico e outros produtos (RICCHINI, 2017). A pesquisa realizada por Ozola et al. (2019) analisou indicadores como investimento, consumo de eletricidade, água e emissões de CO₂ no processo de reciclagem. Os resultados da análise mostraram que a produção de nanofibras e nanocristais de celulose apresenta vantagens em relação à produção de embalagens de ovos e papelão, mas, no caso estudado, a produção de papel reutilizável é mais economicamente viável. No Parque a reciclagem do papel para a produção de nanofibras parece ser uma opção interessante para o SETOR DE BENS DE CONSUMO. E, nas indústrias de embalagens plásticas essa pode significar uma inovação na sua forma de produção.

Já as Bombonas não contaminadas (4) plásticas de diferentes tamanhos, provenientes do recebimento de matérias-primas para o SETOR AGRÍCOLA (biofertilizante) e do SETOR DE ALIMENTOS, podem ser utilizadas para diversas finalidades. Essas bombonas podem servir como recipientes de armazenamento em TODOS SETORES, bem como seu uso pela comunidade local. Além disso, existe a possibilidade de utilizá-las de forma específica, como na construção civil, em que podem ser empregadas como formas para bloco de fundação (ALMEIDA; BASTOS, 2014). Neste sentido, entendendo que a venda desses materiais não está incluída nas atividades industriais, uma alternativa, para este e para materiais com essa característica, seria encaminhá-los para uma central de resíduos. Essa central seria responsável pelo gerenciamento das entradas e saídas desses materiais. Quando esses materiais não fossem mais utilizáveis, as bombonas seriam encaminhadas para empresas de reciclagem de plásticos.

Os plásticos do tipo flakes (6) são resíduos, gerados no SETOR DE ALIMENTOS E DE BENS DE CONSUMO, são considerados não contaminados, o que possibilita

maior qualidade no retorno, com a reciclagem, de suas características originais. Uma planta de reciclagem seria capaz de transformar esses resíduos em matéria-prima novamente, viabilizando sua utilização nos SETOR de ALIMENTOS (garrafas plásticas) e de BENS DE CONSUMO (fabricação de embalagens plásticas). Um maior detalhamento da reciclagem de plástico é analisado na seção 4.4.

Os plásticos “diversos” (9) provenientes de todos os setores do parque, apresentam um desafio em relação à necessidade de classificação adequada. Os plásticos do tipo PET e outros materiais mais puros (conforme classificação Apêndice A) podem recuperar sua utilidade original por meio dos processos de reciclagem, assim como os plásticos flakes, e podem ser reutilizados no SETOR DE ALIMENTOS e no SETOR DE BENS DE CONSUMO. Um maior detalhamento da reciclagem de plástico tipo PET é analisado na seção 4.4.

Óleo Lubrificante (10) do SETOR DE SERVIÇOS E TRANSPORTES e METAL MECÂNICO - O óleo lubrificante usado ainda contém hidrocarbonetos, os quais podem ser recuperados. O óleo-base extraído desse resíduo poderia receber novos aditivos e ser reintroduzido no motor. Duas opções de tratamento verificadas: o refino, que visa a purificação do óleo, e a produção de um material passível de ser utilizado como combustível, como, por exemplo, na incineração em cimenteiras (CANCHUMANI, 2013). Uma possibilidade seria estabelecer uma parceria com uma empresa de refino, por exemplo a LWART Lubrificantes, situada em Canoas- RS, a uma distância de 276 km de Santa Maria-RS. Essa parceria poderia envolver a instalação de uma filial da empresa no Parque Industrial e Tecnológico ou a criação de um centro de recolhimento de óleo usado. Um acordo coletivo entre as indústrias locais e a empresa de refino também poderia trazer benefícios, reduzindo os custos de descarte e aquisição de óleo virgem.

Os paletes de madeira (12) provenientes do setor de ALIMENTOS, COMÉRCIO e CONSTRUÇÃO CIVIL podem ser reutilizados, desde que estejam em boas condições, na indústria moveleira para a fabricação de nichos de parede e móveis). O uso de paletes de madeira como elementos decorativos e móveis é uma solução sustentável que tem sido apontada por pesquisas acadêmicas (GÓES, 2019). O SETOR MOVELEIRO pode ser um caminho sustentável para reaproveitamento do resíduo. Caldas (2021), em sua pesquisa sobre a fabricação de painéis utilizando paletes usados, estimou uma redução de até 15,09 kgCO₂-eq/m² em comparação com a fabricação dos painéis utilizando madeira virgem. Quando os paletes não estão em condições para este uso, outras duas

opções podem ser citadas. A primeira é a transformação, que será abordada no item restos de madeira, e a segunda é a incineração, sendo esta última menos desejável, mas já utilizada de forma esporádica por duas empresas do SETOR DE ALIMENTOS e COMÉRCIO para a fabricação de biofertilizante no SETOR AGRÍCOLA.

No caso dos uniformes (17), a reciclagem de resíduos têxteis pode ser realizada de forma mecânica ou química, ambas exigindo o uso de equipamentos especializados (AMARAL, 2016). No Parque, onde não há indústria têxtil, uma solução em andamento, que pode ser aproveitada, é o projeto Batalhão do Bem, que consiste na confecção de estojos e sacolas utilizando fardas militares em desuso. Um exemplo bem-sucedido desse tipo de ação é o projeto Retalhar, que desde 2014 coleta e trata esses resíduos e, com o auxílio de uma associação de costureiras, os transforma em diversas peças e brindes corporativos (RETALHAR, 2023). Desta forma, uniformes e restos têxteis de todos os setores podem ser incluídos no projeto, atendendo à demanda por estopas (se desfibrilados) ou panos para uso no setor METAL MECÂNICO. Os resíduos ainda podem ser transformados em estojos, sacolas ou brindes, e as sobras dos resíduos podem ser trituradas, compactadas e transformadas em produtos para pets, como camas e brindes – uma oportunidade para novos negócios.

Estopas contaminadas (21) com óleos e graxas provenientes do SETOR METAL MECÂNICO e de SERVIÇOS E TRANSPORTES representam um desafio ambiental significativo. Uma alternativa para lidar com esse resíduo altamente poluente foi estudada por Moraes (2012). Em sua pesquisa, ele adicionou uma mistura de esterco de aves, cinzas de cascas de arroz, resíduos vegetais, serragem e água, e por meio de um processo biológico de decomposição controlada, produziu um composto semelhante ao húmus. Esse composto final foi identificado como um adubo orgânico rico em nutrientes, capaz de melhorar as propriedades físico-químicas do solo. Portanto, esse resíduo transformado por meio da compostagem pode ser utilizado no SETOR AGRÍCOLA. O autor também menciona a possibilidade de queima dessas estopas em fornos de cimento e cal, ou em caldeiras industriais.

Os filtros de tinta (20), podem ter uma solução conjunta para os resíduos de Filtros de Tinta de origem do SETOR MECÂNICO e Estopas Contaminadas, assim como outros resíduos inflamáveis. Para tal, se pode observar a legislação vigente neste tipo de resíduo inflamável. O decreto 10.936 de janeiro de 2022 (BRASIL, 2022) trouxe regramento para a sua destinação. Esses resíduos devem ser obrigatoriamente encaminhados à recuperação

energética quando a origem destes estiver em até 150 km de distância de instalações licenciadas para recuperação energética, e, preferencialmente nos demais casos (as estopas aparecem no item VII do referido decreto). Uma solução pode ser o coprocessamento desses resíduos. Por esse método os resíduos de características inflamáveis são triturados juntamente com outros rejeitos industriais e solos contaminados dando origem ao Combustível Derivado de Resíduos – CDR, também chamado de *blend*. Rodrigues et al. (2017) dizem que o poder calorífico deste produto lhes confere um valor de mercado atrativo para produtores e consumidores, sendo plantas de incineração com produção de energia e as indústrias cimenteiras um potencial mercado para o CDR.

As sobras de farelo de arroz (22) provenientes do SETOR AGRÍCOLA apresentam um potencial promissor para aproveitamento. Conforme informações fornecidas do responsável pela área química, a equipe técnica da empresa conduziu um estudo que revelou uma composição proteica de 9% quando úmido e 18% quando seco. Com base nesses dados, um grupo de pesquisa da UFSM está analisando a viabilidade técnica para a produção de ração animal. Além disso, não se descarta a possibilidade de beneficiamento do farelo de arroz para a produção de farinha destinada ao consumo humano, o que permitiria sua utilização no SETOR DE ALIMENTOS dentro do parque. Atualmente, a ênfase está voltada para a composição do farelo de arroz na formulação de rações. Caso os estudos demonstrem resultados satisfatórios para esse novo produto, surgirá uma oportunidade de negócio.

Os resíduos de concreto (23) provenientes de indústrias da CONSTRUÇÃO CIVIL e de SERVIÇOS, como postes de concreto que necessitam de desmembramento, podem encontrar uma nova utilidade na fabricação de tubos de concreto, outra área da indústria da CONSTRUÇÃO CIVIL. Segundo os autores Silva e Capuzzo (2020), em sua avaliação sobre a durabilidade do novo concreto, constatou-se que, ao seguir técnicas e proporções adequadas, é possível obter um material com propriedades mecânicas e durabilidade satisfatórias. Além disso, o uso de agregados reciclados se torna viável, sem gerar custos adicionais no processo de produção do concreto.

Os resíduos de madeira (25) provenientes do SETOR MOVELEIRO incluindo serragem, bem como paletes de madeira que não estão em condições de uso, podem ser aproveitados na produção de placas de isolamento térmico. No Parque, essas placas poderiam ser comercializadas pelo COMÉRCIO atacadista de itens de marcenaria,

oferecendo uma oportunidade de expansão para as empresas. O estudo realizado por Moura et al. (2020) evidenciou a eficácia desses materiais como isolantes térmicos, além de apresentar um custo final de fabricação das placas de R\$ 12,33 m².

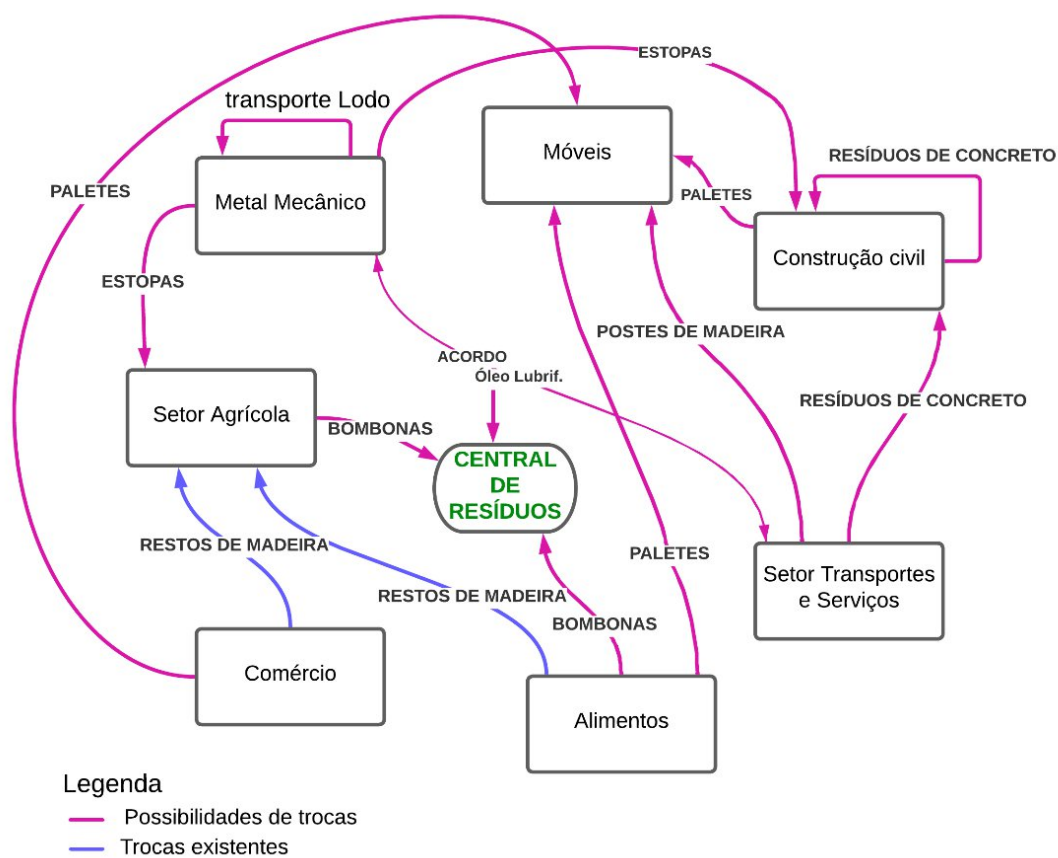
Os postes de madeira (27) são considerados resíduos do SETOR DE TRANSPORTES E SERVIÇOS, principalmente devido às trocas realizadas nos postes de transformadores elétricos. É importante destacar que esses postes passam por um tratamento prévio que os torna inadequados para a incineração. Durante uma entrevista com um gestor desse setor, foi ressaltada a possibilidade de fabricação de bancos rústicos a partir desses postes, abrindo a oportunidade de negociação desse insumo com uma empresa do SETOR MOVELEIRO. É relevante mencionar que os postes estão sendo substituídos devido a requisitos legais e não por estarem deteriorados. Em um estudo realizado por Souza (2016), também foi abordada a possibilidade de reutilização desses resíduos na produção de madeira plástica, caso não sejam viáveis para a indústria moveleira.

Além disso, um projeto está sendo estudado por uma das empresas associadas ao Santa Maria Tecnoparque e busca o apoio do governo estadual e federal para a implementação é o de uma usina de transformação de resíduos em madeira ecológica. Essa usina teria capacidade de processar uma ampla gama de resíduos, incluindo resíduos de saúde por meio de trituração, secagem e um processo de extrusão, resultando na produção de madeira plástica. A madeira plástica obtida, de acordo com o futuro empreendedor, apresenta propriedades isolantes térmicas e pode ser aplicada de forma significativa na indústria da construção civil, inclusive em programas habitacionais como o Minha Casa Minha Vida. Além disso, ela pode ser utilizada na fabricação de paletes de alta resistência e durabilidade. No entanto, o principal desafio que esse projeto enfrenta é o elevado custo inicial do empreendimento.

As oportunidades relacionadas aos 16 tipos de resíduos mencionados vão além da quantidade de sobras existente no Parque Industrial. É possível explorar parcerias com outras empresas e envolver a comunidade local para viabilizar esses novos empreendimentos.

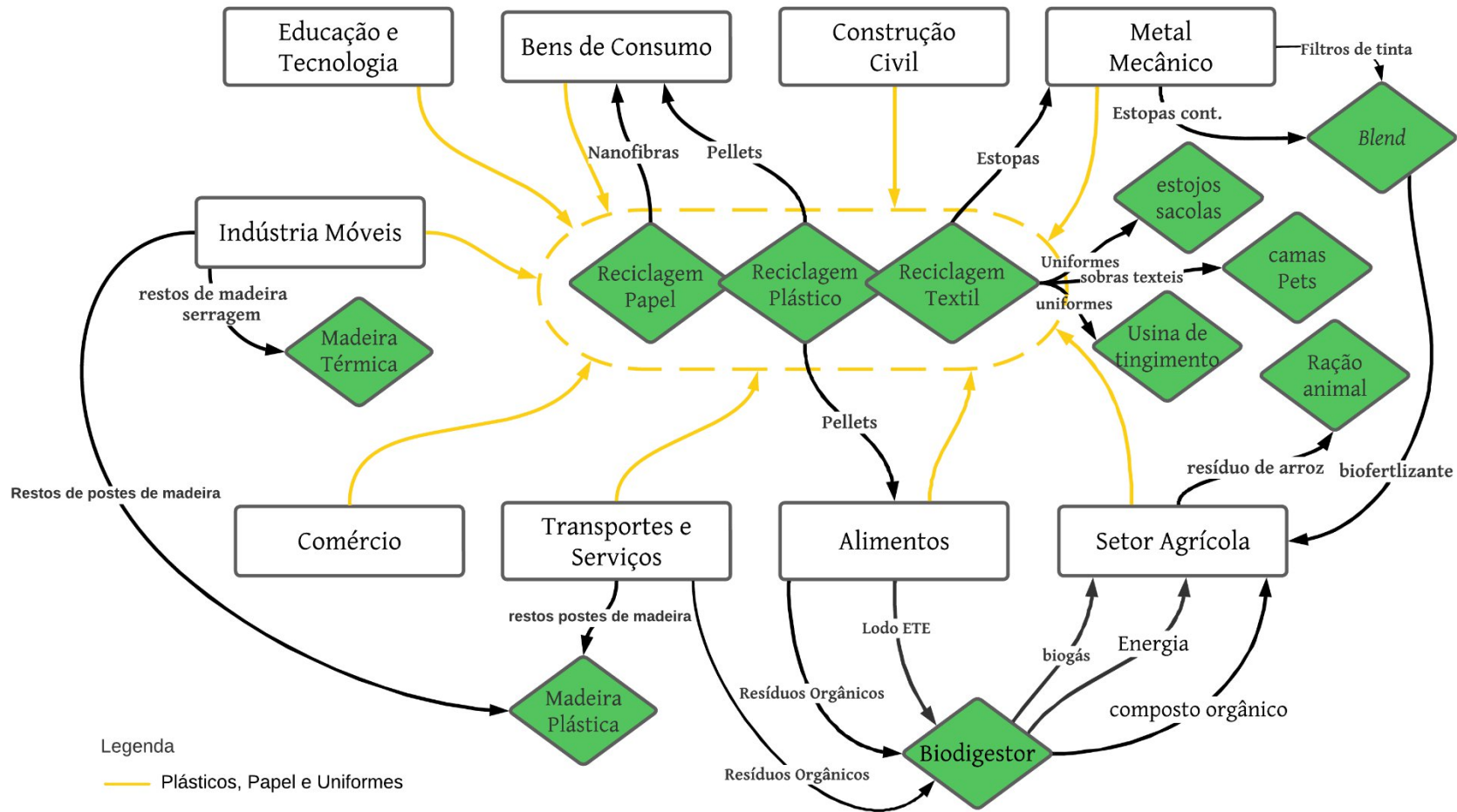
Desmembrou-se os resultados apresentados na matriz de sinergia (Quadro 11) em duas Figuras para melhor visualização. A Figura 14 mostra as relações existentes e as possibilidades apontadas no uso e reuso de resíduos industriais no Parque Industrial.

Figura 14 - Uso e reuso de resíduos



Em seguimento, por meio do processo da reciclagem e transformação das sobras industriais, é possível vislumbrar uma rede simbiótica mais complexa, que oferece diversas oportunidades de estudo e análise de viabilidade econômica e financeira. A Figura 15 ilustra com base nos resultados da matriz de sinergia apresentada no Quadro 11 a rede formada a partir da implementação de novas plantas de reciclagem, beneficiamento e biodigestores, facilitando o compartilhamento de resíduos.

Figura 15 – Possibilidades de sinergia com inclusão de novos negócios



Com a inclusão das indústrias de transformação, como reciclagem de plástico, papelão e têxteis, além do beneficiamento do resíduo de arroz e a implementação de um biodigestor no Parque, as possibilidades de intercâmbio entre os setores aumentam consideravelmente. Plásticos, papelão e restos têxteis são resíduos comuns a todas as áreas presentes no parque. Um programa político de incentivo a esses empreendedores pode ser uma estratégia eficaz para promover o crescimento de novos negócios.

4.3.2 Possibilidade de novos negócios com o fomento à simbiose

A Simbiose Industrial tem como objetivo principal promover a sinergia entre as indústrias. Esse processo de compartilhamento cria oportunidades e necessidades que resultam no surgimento de novos negócios e setores. No Quadro 12, é apresentado um resumo dos possíveis negócios e setores considerados com base no mapeamento inicial.

Quadro 12- Possibilidade de novos produtos e setores

Resíduo	Origem	Novo negócio
Resíduos têxteis – uniformes	Todos os setores	1) Usina de tingimento de peças; 2) Fabricação de material escolar ou brindes; 3) Fabricação de camas pets;
Postes de madeira	Transporte de transformadores	4) Fabricação de bancos rústicos; 5) Madeira plástica
Restos madeira/ serragem	Empresas de móveis	6) Madeira térmica
Plástico	Todos os setores	7) Fabricação de pellets;
Papelão	Todos os setores	8) Fabricação Nanofibras
Resíduos de arroz	Agrícola	9) Produção de farinha proteica ou Fabricação ração animal
Lodo de ETE E Resíduos orgânicos	Setor Alimentos e bebidas	10) Biodigestor: Energia; GNV; Adubo
Estopas contaminadas	Metal Mecânico e Transportes	11) Fabricação de Adubo orgânico ou Combustível Derivado de Resíduos

O Quadro 12 apresenta 11 oportunidades de novos negócios que podem ser impulsionados por meio das trocas e/ou reciclagem de resíduos existentes no Parque. Além disso, a presença dessas tecnologias de tratamento de resíduos pode atrair outros setores. Por exemplo, fabricantes de malhas e uniformes, que não estão presentes no Parque, podem encontrar uma destinação adequada para seus resíduos. A inclusão de uma empresa certificada de tintura de tecidos também contribui para essa ideia, sendo necessários pigmentos coloríficos naturais, o que pode representar outra oportunidade para o local.

A inserção de recicladoras como âncoras de novas plantas industriais traz um status de sustentabilidade para o Parque, promovendo maior conscientização e propostas ambientalmente amigáveis. Indústrias que produzem tecnologias limpas devem ser incentivadas, como fabricantes de painéis fotovoltaicos e estruturas metálicas necessárias para esses painéis. Indústrias que possuem resíduos cujas soluções já estão estabelecidas no Parque podem contribuir com a oferta necessária para o estabelecimento de negócios viáveis técnica e economicamente.

Também é importante considerar a solução para os resíduos que atualmente não possuem a melhor destinação, como é o caso dos resíduos de varredura das indústrias metal mecânica, que representam quase 30% das indústrias residentes no Parque. Grande parte desses resíduos consiste em sobras de soldas e farelos de aço e ferro, que são inviáveis de serem separados para o envio a recicladores de aço. Outro material mencionado é um tipo de acrílico que não é aceito pelos coletores de reciclagem e acaba sendo descartado no lixo comum.

Além do impacto econômico local, é importante considerar o impacto social. Essa estrutura de reciclagem proporciona acesso à população mais vulnerável, uma vez que pode empregar mão de obra não especializada. Isso promove negócios sustentáveis inclusivos, oportunizando a essa população acesso a uma melhor qualidade de vida e crescimento pessoal.

Um diferencial do Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria é a presença de um Parque Tecnológico, o que pode contribuir ainda mais para a implementação de negócios relacionados ao uso e reuso de resíduos, mesmo considerando os desafios operacionais, de produtividade e gestão.

No entanto, não basta apenas a possibilidade de compartilhamento entre indústrias, é necessário que qualquer novo empreendimento, incluindo as recicladoras,

seja viável. Por esse motivo, a pesquisa realiza um recorte e, na seção 4.4, analisa a viabilidade econômica, financeira e ambiental da implantação de uma planta.

4.4 VIABILIDADE ECONOMICA, IMPACTO AMBIENTAL E SOCIAL DE UMA RECICLADORA

4.4.1 Definição do resíduo e o método de reciclagem a ser utilizado

A primeira etapa consistiu na caracterização do material e compreensão de sua utilização. Neste caso, o plástico encontrado é um resíduo industrial (flakes) e um resíduo pós-consumo que pode ser classificado. Optou-se pela reciclagem primária com a utilização do método de reciclagem mecânica de ciclo fechado neste estudo, com base nas seguintes considerações abordadas na seção 2.7 e com base nos resultados apresentados na seção 4.3.

a) Percebe-se a possibilidade direta de reintroduzir o material no processo produtivo local: Duas empresas em potencial poderiam adquirir esse novo material. Vale ressaltar que uma dessas empresas já possui demanda para utilização desse material e, de acordo com suas informações, ela tem como meta incorporar pelo menos 10% de resíduos plásticos (grânulos) em sua matéria-prima nos próximos cinco anos;

b) O método apresenta menor impacto ambiental em comparação aos demais para o plástico tipo PET;

c) Existe a possibilidade de um novo processo de reciclagem após o término do ciclo de reciclagem mecânica;

d) O plástico é um dos resíduos mais abundantes no parque industrial. Além disso, pelo menos duas indústrias do parque geram resíduos plásticos flakes livres de contaminação;

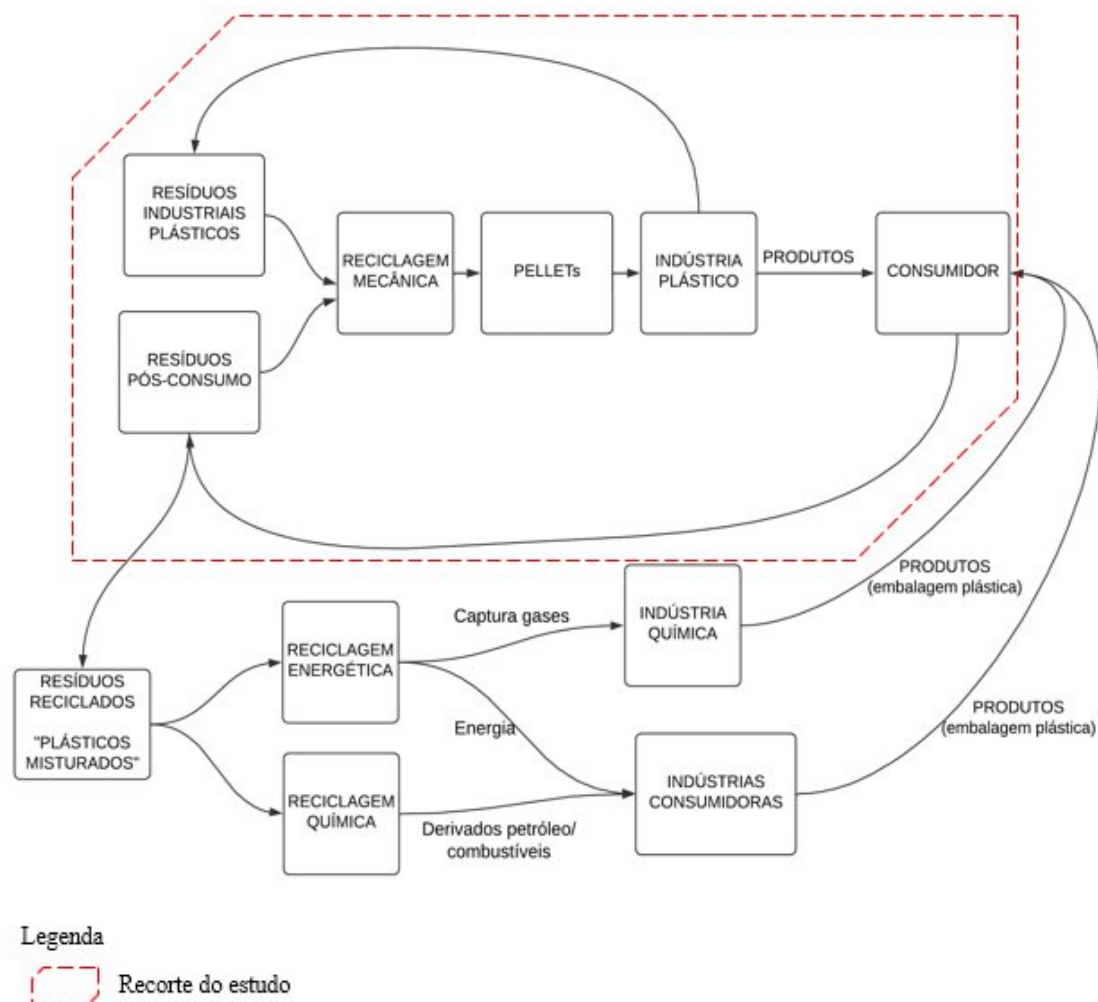
e) O plástico do tipo PET está entre os materiais mais coletados pelas Associações de Catadores no Brasil (SAUERESSIG; SELLITTO; KADEL JR, 2021).;

f) Mercado para nova empresa: 80% das recicladoras estão localizadas na região sudeste do Brasil e não foi identificada nenhuma recicladora de plásticos na região de Santa Maria. Foi identificada uma planta de reciclagem de plástico em Farroupilha - RS, localizada a 282 km de Santa Maria, na região da Serra Gaúcha;

Além disso, há a possibilidade de promover o reaproveitamento primário do plástico reciclado ao final de seu ciclo de vida útil. O plástico reciclado tem a capacidade de ser reciclado novamente, mantendo suas características originais, por até cinco ciclos. Nesse sentido, esse material pode ser direcionado para processos de reciclagem química ou energética, buscando assim uma forma eficiente de aproveitamento e valorização dos recursos (CHEN et al., 2011; VOLK et al., 2021).

A Figura 16 demonstra o possível desenho da reciclagem conjunta pelo método mecânico e energético ou químico da reciclagem plástico no Parque Industrial.

Figura 16 - Design da reciclagem do plástico



No momento, a reciclagem energética parece ser uma alternativa, que deve ser investigada em estudo futuro, para ser utilizada no Parque industrial. Os motivos que sustentam essa sugestão são os seguintes:

a) O volume dos demais tipos de plásticos que serão acumulados é significativo, o que pode viabilizar a utilização da reciclagem energética como forma de destinação desses materiais.

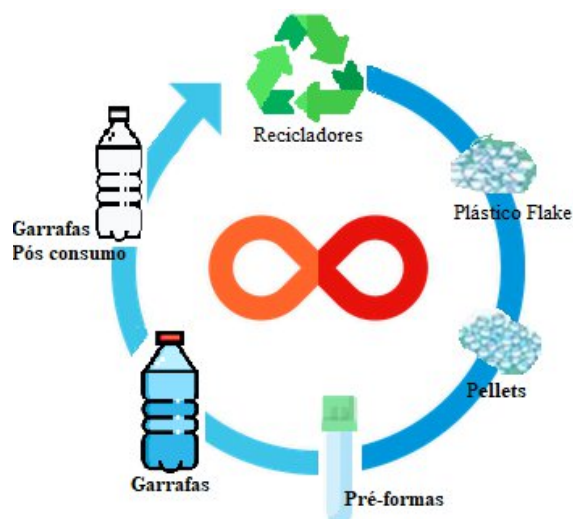
b) Existe a possibilidade de aproveitar essa energia gerada no processo de reciclagem para suprir as demandas energéticas do próprio Parque, o que representa uma oportunidade de mercado.

c) Atualmente, não há nenhuma empresa no Parque que utilize os componentes químicos resultantes do processo de reciclagem química, o que reforça a viabilidade da reciclagem energética como uma alternativa mais adequada.

4.4.2 Viabilidade econômica da nova planta industrial

Uma das ações propostas pela tese é a simulação da viabilidade econômica de uma planta de transformação de plástico, visando sua reintegração na fabricação de novas embalagens. O objetivo final é a obtenção de pellets que serão utilizados na produção de novas pré-formas. A Figura 17 demonstra o ciclo da reciclagem das embalagens.

Figura 17 - Ciclo da reciclagem primária do PET (garrafa plástica)



Fonte: Adaptado Abipet (2022)

A operacionalização do processo segue as etapas apresentadas no Quadro 13, abaixo. O processo tem início com o recebimento dos recipientes PET, devidamente prensados e sem rótulos ou tampas, por meio das associações de recicladores.

Quadro 13- Etapas e equipamentos utilizados no processo

Etapas	Descrição	Equipamentos	Horas ano (máximo)
1. Recebimento de Pets	Pets transparentes, sem tampa ou rótulo, prensados	Mão de obra humana	
2. Moagem	Transformação em flakes de tamanho $\frac{3}{4}$ e $\frac{3}{8}$	Moinho faca escalonada	1.333
3. Lavagem	Lavagem em água e a separação é feita pela diferença das densidades	Tanque de lavagem e decantação	
4. Secagem	Os flakes separados são secos	*Secador	
5. Mistura	Pré-aquece o material e transforma em uma massa uniforme	Aglutinadora	2.143
6. Extrusão	Fundição dos flakes por aquecimento formados os filamentos	Extrusora	2.143
7. Granuladora	Corte dos filamentos resfriados / transformação dos flakes em pellets	Granuladora	2.143
8. Embalagem	Embalagem 100 kg	Silo automático	

* Segundo informações do fornecedor o processo de secagem pode ser manual pois a aglutinadora, utilizada antes da extrusão, retira a umidade restante do material.

Com base na capacidade produtiva de cada equipamento foi verificada a quantidade de horas estimada para o processo. A carga horária máxima ano calculada é de 2.304 horas (8h x 24 x 12). Desta forma, a capacidade máxima de 2.143 está abaixo da capacidade instalada. Os dados podem ser visualizados no Apêndice C no cálculo dos KWh dos equipamentos. O produto reciclado quando assume a mesma similar à matéria-prima original é chamado de pellets. Os pellets são integrados ao processo de fabricação das novas embalagens, conhecidas como pré-formas, por meio de máquinas de moldagem por injeção. Essas pré-formas são utilizadas na produção de novas garrafas PET. Em grandes fábricas, o PET é recebido na forma granulada para posterior transformação em pré-forma (CERVIERI JÚNIOR et al., 2014).

4.4.3 Dados utilizados no cálculo de viabilidade econômica da reciclagem

Devido à incerteza relacionada à oferta, preço e custos, o modelo adotou o Método de Monte Carlo para aferir os resultados. Foram simulados dois cenários com investimentos iniciais diferentes. O primeiro considerando a doação onerosa e construção de pavilhão e o segundo com a instalação em um coworking industrial. Esses dados serão

melhor explorados no desenvolvimento do trabalho. Na Tabela 3, são resumidos os dados empregados no cálculo da viabilidade econômica.

Tabela 3 - Dados de referência para análise

	Faixa mínima	Faixa máxima
Oferta Resíduos (kg aa ⁻¹)	130.000	150.000
Preço de compra pet kg (R\$/USD)	0,30/ 0,06	0,35/ 0,07
Preço venda pellet kg (R\$/USD)	5,50 / 1,15	6,00/ 1,25
Despesas oper. fixas ano (R\$/USD)	487.886/ 102.282	615.583/ 129.053
Despesas oper. variáveis (% imp.)	8,40%	8,40%
Investimento cenário 1	1.161.577/ 243.517	
Investimento cenário 2	459.009/ 96.288	

Para estimar a oferta de resíduos, inicialmente utilizou-se como fonte uma notícia publicada em 08/05/2023, que relatou a coleta de aproximadamente 2,5 toneladas de materiais para reciclagem, ocorrida em uma manhã, durante uma nova campanha de coleta seletiva na cidade de Santa Maria (PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA, 2023). No entanto, posteriormente, foi feito contato por telefone com o presidente da Associação de Recicladores, que afirmou que esses valores podem ser considerados como média de recolhimento diário. O presidente, com base no seu conhecimento e de seus controles internos quinzenais, estima que entre 25% a 28% desses resíduos sejam garrafas PET. Utilizou-se a menor margem dessa faixa de estimativa. Além disso, considerou-se a coleta realizada durante 24 dias no mês (dias úteis contando sábado), ao longo dos 12 meses do ano. A Tabela 4 apresenta de forma resumida o cálculo utilizado para essa estimativa.

Tabela 4- Cálculo da oferta de resíduos

Resíduos	Mínimo	Máximo
Coleta ton. ano		720
Estimativa PET	25%	28%
Entradas	*180	201
Perda estimada		25,8%
Arredondamento	130	150

$$* 2,5 \text{ t. d}^{-1} \times 24 \times 12 = 720 \text{ t. a}^{-1} \times 25\% = 180$$

Além disso, foi considerada a perda no processo produtivo. Para isso, utilizou-se como referência a pesquisa conduzida por She, Worrell e Patel (2010), que investigou o processo de reciclagem mecânica de PET. De acordo com essa pesquisa, constatou-se que 1,33 kg de garrafas resultam em 1 kg de flakes, e 1,01 kg de flakes de PET são necessários para produzir 1 kg de pellets. Com base nessas informações, estimou-se uma perda de aproximadamente 25,8%. O cálculo desta perda é apresentado nas equações 1 e 2, como demonstrado a seguir.

$$\frac{0,33 \text{ kg} * 100}{1,33 \text{ kg}} = 24,81\% \quad (1)$$

$$\frac{0,01 \text{ kg} * 100}{1,01 \text{ kg}} = 0,99\% \quad (2)$$

A venda dos resíduos plásticos, de acordo com entrevistas realizadas com empresas, ocorre na faixa de R\$ 0,10 a 0,15 por kg (USD 0,02 a 0,03), considerando o uso do espaço físico da empresa. No entanto, para este estudo, utilizou-se o valor relatado pela recicladora, que varia de R\$ 0,30 a 0,35 por kg (USD 0,06 a 0,07). A recicladora mencionou que direciona o material para intermediários, que revendem para indústrias em outros estados. Quanto ao preço de venda do produto final, o pellet, utilizou como base o preço de revenda do micro *flake* de PET, na faixa de R\$ 5,50 a R\$ 6,00 (USD 1,15 a 1,25). Uma empresa potencialmente compradora do material considerou R\$ 6,00 (USD 1,15) como o preço máximo para uma possível negociação.

Em relação às despesas operacionais, estima-se a necessidade de 7 a 8 funcionários, sendo pelo menos 6 na produção direta e um gerente de produção, totalizando uma faixa salarial entre R\$ 182.711 e R\$ 268.569 (USD 38,304 a 56.303). Os salários foram estimados por meio do site salario.com.br (SALÁRIO, 2022) de acordo com a Classificação Brasileira de Ocupações (CBOs) 7842-05 abastecedor de linha de produção e 1412-05 gerente de produção para trabalhadores da cidade de Porto Alegre-RS no ano de 2022. O referido site realiza o levantamento dos dados por meio de fontes oficiais da Secretaria da Previdência e Trabalho do Ministério da Economia e utiliza uma amostragem de 8.865 salários de profissionais admitidos e desligados oficialmente pelas empresas. Além da remuneração básica foram incorporados custos com férias, 13º salário, vale transporte, vale refeição e FGTS (Memória de cálculo no Apêndice C).

A remuneração do pró-laborista está estimada entre R\$ 78.780 e R\$ 86.658 (USD 16.515 a 18.167). Também foi incluído o custo de manutenção, correspondendo a 20% a 25% do valor dos equipamentos, o que resulta em um intervalo de R\$ 79.800 a R\$ 99.752 (USD 16.729 a 20.912).

Estimou-se o consumo de energia entre R\$ 86.695 e R\$ 100.704 (USD 18.175 e 21.111) calculado com base nos KWh consumidos pelos principais equipamentos e com base no MWh médio da Região Sul, apresentado no Anexo B e divulgado no Informativo de Gestão do Setor Elétrico do Ministério de Minas e Energia exercício 2022 (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2022). A memória de cálculo pode ser visualizada no Apêndice C. E uma rubrica chamada de outros custos, para consumo geral, material de expediente e limpeza, no valor de R\$ 20.000 (USD 4.192).

A parcela de depreciação de 10% ao ano, para equipamentos conforme Instrução Normativa nº 1700 (BRASIL, 2017), no valor de R\$ 39.900 (USD 8.364). Ao final dos 5 anos de análise, estima-se um valor residual de equipamentos de R\$ 199.504 (USD 41.824). O mínimo de despesas operacionais anuais foi de R\$ 487.886 (USD 102.282) e o máximo de R\$ 615.583 (USD 129.053).

Para as rubricas de investimento foi considerado um valor de R\$ 50.000 (USD 10.482) como capital de giro, enquanto para a legalização da empresa e outros custos iniciais (placa de identificação da empresa, por exemplo) se estima um custo de R\$ 10.000 (USD 2.096). Considerou-se para custo de capital de giro, o montante máximo de um mês de gastos operacionais arredondado - $615.583 / 12 = 51.240$ (USD $128.905/12 = 10.742$).

Os equipamentos necessários foram orçados por fornecedores especializados em máquinas de reciclagem, totalizando o montante de R\$ 399.009 (USD 83.649). O custo individualizado de cada equipamento é apresentado no Apêndice C. Além disso, para o cenário 1, prevê-se um investimento de R\$ 762.568 (USD 159.867), para a construção de um pavilhão e melhorias no Parque, segregados da seguinte forma:

a) O custo da rubrica “melhorias no parque ou doação onerosa” é resultante, conforme lei 6.043 de 2016 (SANTA MARIA - RS, 2016), do valor avaliado do m² de área corresponde ao valor venal fixado anualmente por decreto executivo. O decreto estabelece valores por área fiscal. O Parque Industrial de Santa Maria fica localizado na zona fiscal 10a (SANTA MARIA - RS, 2005). Para o exercício 2023, o Decreto 136 de 2022 (SANTA MARIA - RS, 2022), fixa o valor para a zona fiscal 10a em R\$ 183,81 m²

(USD 38.53). O menor lote para aquisição é de 2.700 m² desta forma se estima o valor de R\$ 496.287 (USD 104.043).

b) Para o custo da construção se considerou o valor divulgado pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil do Rio Grande do Sul – SINDUSCON, orçado em novembro de 2022 em R\$ 1.213,42 (SINDUSCON-RS, 2022) (USD 254,38). Estimou-se um galpão de 170 m² construídos, totalizando R\$ 206.281 (USD 43.245), suficiente para instalação dos equipamentos, estoque e área administrativa. Na seção 4.4.4 é apresentado a forma de construção do modelo e a análise econômica financeira do projeto.

4.4.4 Geração do modelo Monte Carlo e análise econômica financeira

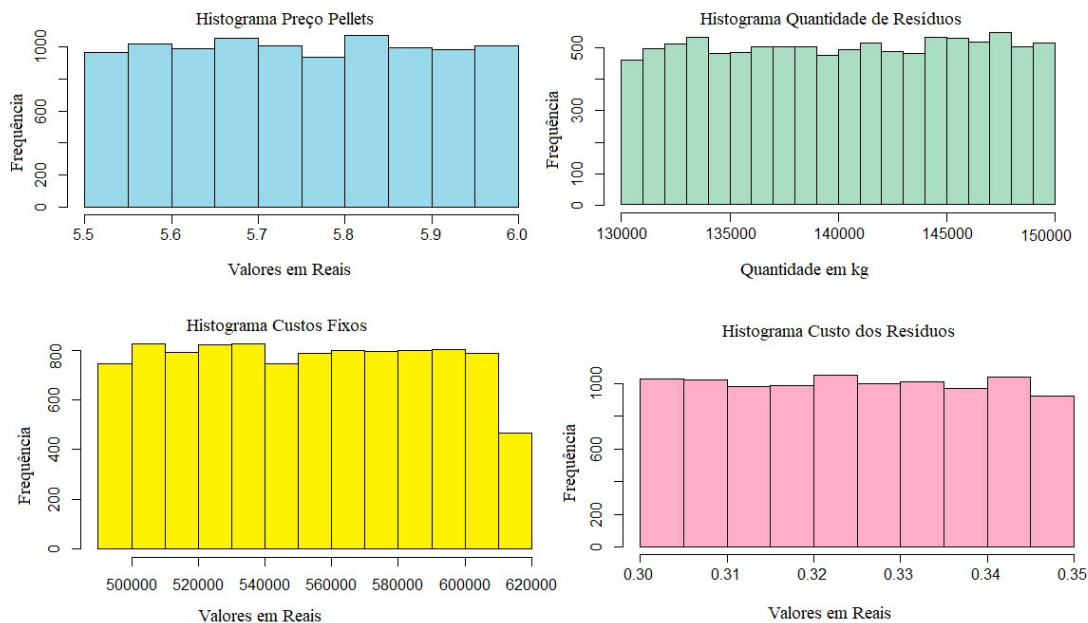
Uma sequência aleatória de 10.000 iterações, com distribuição uniforme, foi gerada para as variáveis: quantidade produzida, preço de compra dos resíduos, preço de venda do pellet e despesas operacionais fixas. Essa simulação foi realizada por meio do software RStudio, versão 2022.12.0, por meio do comando “runif”. A Tabela 4 apresenta a estatística descritiva de cada variável.

Tabela 5 - Estatística descritiva das variáveis em faixas

	Quantidade (Kg)	Custo resíduos (R\$/ USD)	Venda produto (R\$/ USD)	Gastos fixos (R\$/USD)
Média	139.886	0,33/0,06	5,75/ 1,20	551.212/115.558
Desvio padrão	5.751	0,01/0,00	0,15/ 0,03	36.748/ 7.704
Mediana	139.775	0,33/0,06	5,75/ 1,20	550.819/ 115.475
Moda	140.327	0,33/0,06	5,73/ 1,20	562.210/ 117.863
Mínimo	130.000	0,30/0,06	5,50/ 1,15	487.886/ 102.282
Máximo	150.000	0,35/0,07	6,00/ 1,25	615.583/ 129.053
Amplitude total	19.998	0,05/0,01	0,50/ 0,10	127.696/ 26.770
Assimetria	0,04	-	0,01	0,01
Curtose	-1,20	-1,19	-1,22	-1,19

Pode ser verificado pela Tabela 5 que o mínimo e máximo segue os padrões de faixas estabelecidos no estudo. Ainda, para comprovar a distribuição uniforme se pode verificar os histogramas das variáveis, A Figura 18 exibe os histogramas das variáveis custo fixo, quantidade de resíduos, preço dos pellets e custo de aquisição dos resíduos. As representações gráficas proporcionam uma visualização da distribuição uniforme das variáveis.

Figura 18 – Histogramas das variáveis em faixas



Os valores obtidos por meio da simulação de Monte Carlo, com 10.000 linhas para cada variável, foram transferidos para uma planilha do Excel. Não foi utilizada uma medida de tendência para as variáveis e sim a utilização integral dos resultados obtido em cada linha e variável. As variáveis são consideradas incertas e independentes dentro dos limites estabelecidos para a simulação.

Estes valores serviram de base para o cálculo do Resultado do Exercício. A Equação (3) foi aplicada para cada linha para prever o Resultado Econômico.

$$RE = (Q * PV) - ((Q + 25,8\%) * PR) - (Q * PV * \%I) - GF \quad (3)$$

Onde:

RE= Resultado Econômico

Q = Quantidade produzida/ vendida

GF = Gastos Fixos

PV = Preço Venda

PR = Preço Resíduos

%I = Percentual Impostos sobre faturamento

Para cálculo do faturamento, por exemplo, cada valor da quantidade de resíduos foi multiplicado pelo preço, ambos simulados de forma independente. Contudo, no caso

dos impostos o percentual foi aplicado ao resultado do faturamento apurado para cada linha.

Foi aplicada uma taxa efetiva de 8,40% sobre o valor do faturamento para calcular os impostos, conforme tabela II da Indústria - Tributação Simples Nacional apresentada no Anexo A. Para calcular a taxa efetiva se utilizou como Receita Bruta dos últimos 12 meses o valor do faturamento médio anual. A Equação 4 foi utilizada para o cálculo.

$$\left(\frac{RBT12 * ALIQ - PD}{RBT12} \right) * 100 \quad (4)$$

Onde:

RBT12 = Receita Bruta dos últimos 12 meses, utilizado a média anual R\$ 804.395,79 (USD 168.636,43) - ver Tabela 5;

ALIQ = Alíquota da faixa correspondente na Tabela, no caso, 11,20%;

PD = Desconto, no caso conforme a Tabela R\$ 22.500,00 (USD 4.716,98);

Para determinar o custo dos resíduos, em virtude da perda estimada durante o processo produtivo foi adicionado à quantidade líquida de resíduos (obtida por meio da simulação de Monte Carlo) o percentual de perda calculado de 25,8% (Equação 1 e 2).

Em seguida, esse valor foi multiplicado pelo valor de preço dos resíduos, resultando no custo dos resíduos para cada linha. A Tabela 6 demonstra algumas linhas como exemplo do método utilizado para auferir o Resultado do Exercício.

Tabela 6 – Resumo do cálculo das linhas do Resultado Econômico – Moeda Reais

Linhas	Q (kg)	PV	Q x PV	Q *25,8% (kg)	PR	*Custo MP	Impostos	Custo Fixo	Resultado
1	142.108,47	R\$ 5,96	R\$ 846.410,41	178.772,46	R\$ 0,31	R\$ 55.724,25	R\$ 71.098,47	R\$ 604.838,64	R\$ 114.749,04
2	145.618,19	R\$ 5,81	R\$ 846.665,59	183.187,69	R\$ 0,33	R\$ 61.286,28	R\$ 71.119,91	R\$ 506.050,68	R\$ 208.208,72
3	142.285,77	R\$ 5,98	R\$ 851.055,12	178.995,50	R\$ 0,33	R\$ 59.811,90	R\$ 71.488,63	R\$ 536.884,70	R\$ 182.869,89
.									
9998	139.528,12	R\$ 5,57	R\$ 776.790,26	175.526,37	R\$ 0,34	R\$ 60.206,80	R\$ 65.250,38	R\$ 595.989,16	R\$ 55.343,92
9999	139.917,29	R\$ 5,86	R\$ 819.326,88	176.015,95	R\$ 0,34	R\$ 59.422,56	R\$ 68.823,46	R\$ 542.125,10	R\$ 148.955,75
10000	148.474,62	R\$ 5,96	R\$ 884.893,79	186.781,07	R\$ 0,31	R\$ 58.262,44	R\$ 74.331,08	R\$ 555.728,45	R\$ 196.571,81
Média	139.886,07	R\$ 5,75	R\$ 804.395,79	175.976,67	R\$ 0,33	R\$ 57.213,45	R\$ 67.569,25	R\$ 551.212,60	R\$ 128.400,50

* O custo da matéria-prima é calculado pela multiplicação entre o resultado da quantidade x 25,8% e o Preço do Resíduo (PR)

Tabela 7 – Resumo do cálculo das linhas do Resultado Econômico – Moeda USD

Linhas	Q (kg)	PV	Q x PV	Q *25,8% (kg)	PR	Custo MP	Impostos	Custo Fixo	Resultado
1	142.108,47	USD 1,24	USD 177.444,53	178.772,46	USD 0,064	USD 11.682,23	USD 14.905,33	USD 126.800,55	USD 24.056,40
2	145.618,19	USD 1,21	USD 177.497,96	183.187,69	USD 0,069	USD 12.848,27	USD 14.909,83	USD 106.090,28	USD 43.649,62
3	142.285,77	USD 1,25	USD 178.418,26	178.995,50	USD 0,069	USD 12.539,18	USD 14.987,13	USD 112.554,44	USD 38.337,50
.									
9998	139.528,12	USD 1,16	USD 162.849,11	175.526,37	USD 0,071	USD 12.621,97	USD 13.679,32	USD 124.945,31	USD 11.602,49
9999	139.917,29	USD 1,22	USD 171.766,64	176.015,95	USD 0,071	USD 12.457,55	USD 14.428,39	USD 113.653,06	USD 31.227,62
10000	148.474,62	USD 1,24	USD 185.512,32	186.781,07	USD 0,064	USD 12.214,34	USD 15.583,03	USD 116.504,91	USD 41,210,02
Média	139.886,07	USD 1,20	USD 168.636,43	175.976,67	USD 0,069	USD 11.994,43	USD 14.165,46	USD 115.558,19	USD 26.918,34

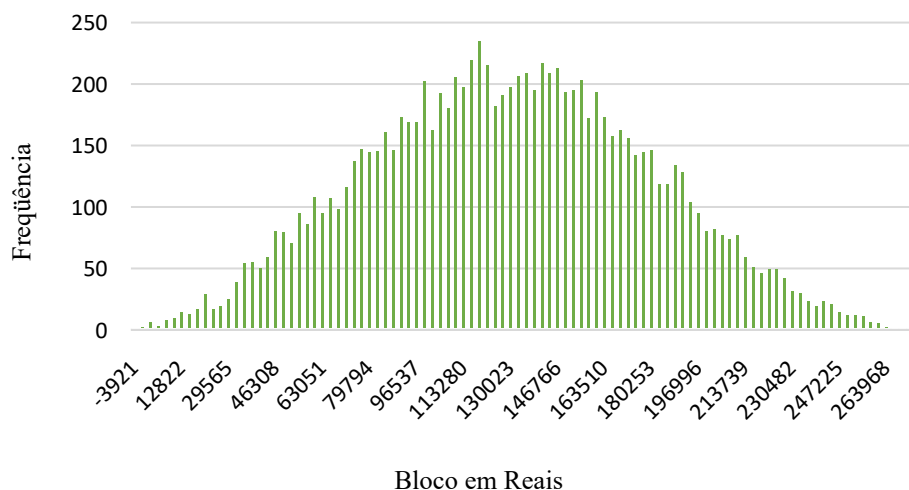
Ao realizar esse processo, foi gerado um conjunto de 10.000 linhas com possíveis resultados econômicos. Esses resultados formam uma nova variável denominada "resultado econômico". A estatística descritiva desta variável é apresentada na Tabela 8.

Tabela 8 - Estatística descritiva Resultado Econômico

Resultado Econômico				
Média	R\$	128.400	USD	26.918
Erro padrão	R\$	498	USD	104
Mediana	R\$	128.303	USD	26.897
Moda		Multimodal		
Desvio padrão	R\$	49.785	USD	10.437
Curtose		- 0,48		
Assimetria		0,04		
Mínimo	-R\$	3.921	- USD	822,01
Máximo	R\$	275.130	USD	57.679

Com base na estatística apresentada na Tabela 8, se percebe a semelhanças entre os dados da média e mediana e a presenças de mais de duas modas na distribuição dos dados. Considera-se ainda o desvio padrão pequeno e os dados simétricos. Rejeita-se a não normalidade dos dados, justificado pelos seguintes fatores: a) assimetria dos dados está dentro da faixa de -2 a +2 e a curtose está dentro da faixa de -7 a +7 (HAIR et al., 2010); b) o teste Kolmogorov-Smirnov apresenta um p valor de 0,015. Para o teste, valores considerados abaixo de 0,05 são insignificantes, ao nível de significância de 95% e rejeitam a hipótese de não normalidade na distribuição (BUSSAB; MORETTIN, 2017). A visualização do histograma da Figura 19 também suporta essa conclusão.

Figura 19 - Histograma por bloco do Resultado Econômico



Após a verificação das premissas básicas para rejeição da não normalidade dos dados e simetria dos mesmos foi utilizada a média como medida de posição. As medidas de posição servem para orientar a localização dos dados em relação a um eixo horizontal (MATTOS; KONRATH; AZAMBUJA, 2017). Dentre as três medidas de tendência central mais comuns, a média é que melhor pode representar um conjunto de dados, em função de suas propriedades matemáticas. É indicada quando a distribuição é simétrica (MATTOS; KONRATH; AZAMBUJA, 2017).

Com a utilização da média do resultado econômico foram calculados os indicadores econômico-financeiros Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Payback e a análise de probabilidade do VPL e da TIR, todos em dois cenários. No cenário 1 foi considerada a doação onerosa do lote e a construção de pavilhão conforme já descrito na seção 4.4.3. Já no cenário 2 foi simulada a locação em coworking industrial, diminuindo o custo de investimento conforme será detalhado mais adiante.

No cenário 1 para a determinação do valor anual de entrada, foi adicionado ao valor médio do Resultado do Exercício o valor da depreciação de R\$ 39.900,92 (USD 8.364,97). Dessa forma, a entrada anual utilizada para o cálculo do VPL e da TIR foi de R\$ 168.301,42 (USD 35.283,31). Para o cálculo do VPL, foi adotada uma Taxa Mínima de Atratividade (TMA) de 10% ao ano. No quinto período, foi adicionado ao valor da entrada o valor residual dos equipamentos de R\$ 199.504 (USD 41.824,73) e o valor referente aquisição do lote, benfeitorias e giro de capital no valor de R\$ 752.568 (USD 157.771). Abaixo a Tabela 9 apresenta o demonstrativo dos cálculos do VPL, TIR e Payback.

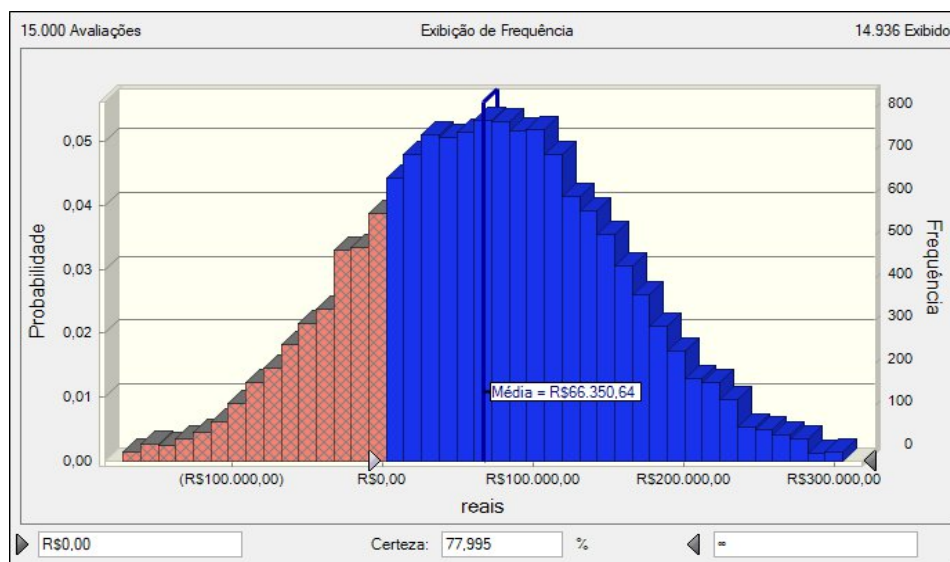
Tabela 9 – Demonstrativo cálculo VPL, TIR e Payback – cenário 1

Ano	Invest. /Lucro		Valor Presente		VPL	
0	-R\$ 1.161.577	-USD 243.517	-R\$ 1.1161.577	-USD 243.517	-R\$ 1.161.577	-USD 243.517
1	R\$ 168.301	USD 35.283	R\$ 153.001	USD 32.075	-R\$ 1.008.575	- USD 211.441
2	R\$ 168.301	USD 35.283	R\$ 139.092	USD 29.159	-R\$ 869.483	- USD 182.281
3	R\$ 168.301	USD 35.283	R\$ 126.447	USD 26.508	-R\$ 743.036	- USD 155.772
4	R\$ 168.301	USD 35.283	R\$ 114.952	USD 24.098	-R\$ 628.084	- USD 131.673
5	R\$ 1.120.374	USD 234.879	R\$ 695.664	USD 145.841	R\$ 67.579	USD 14.167

Ao final da projeção de 5 anos, o Valor Presente Líquido (VPL) obtido é de R\$ 67.579 (USD 14.167), demonstrando um resultado positivo extremamente baixo. A Taxa Interna de Retorno (TIR) calculada é de apenas 11,6%, o que indica uma taxa de retorno baixa para o investimento realizado. O tempo de retorno do investimento ocorre somente no quinto ano, e isso se deve a inclusão do valor residual do projeto. Desconsiderando o valor residual o investimento apenas é recuperado no 13º ano.

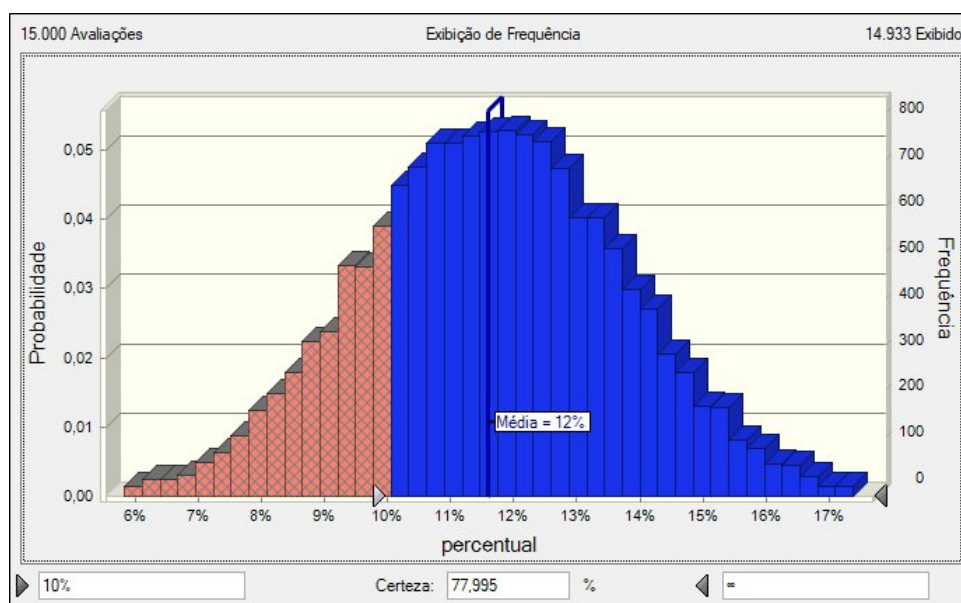
Utilizando o software Crystal Ball, considerando os mesmos pressupostos utilizados para a previsão da variável “resultado econômico” e a aproximação do valor do VPL/ média VPL (R\$ 67.579 - R\$ 66.350) se projeta a probabilidade de 78% de o VPL ser positivo. A Figura 20 apresenta a visualização da probabilidade dos valores positivos para o VPL.

Figura 20 – Probabilidade do VPL positivo



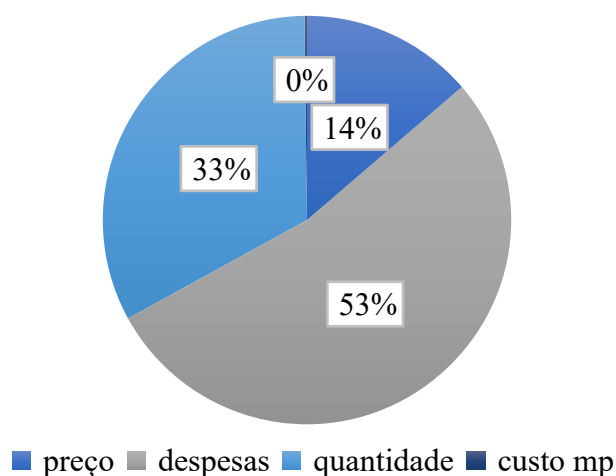
A mesma probabilidade é encontrada para a TIR. A Figura 21, exibe a probabilidade de 78% da TIR ser igual ou superior a TMA de 10%.

Figura 21 - Probabilidade da TIR igual ou superior a TMA



Em complemento, foram analisados os pressupostos relacionados ao preço, quantidade líquida de produção, custos fixos e custo da matéria-prima. Através do software Crystal Ball, foi realizada uma análise de sensibilidade que proporcionou uma visão mais detalhada sobre a influência desses fatores nos indicadores financeiros. A Figura 22 apresenta os resultados dessa análise de sensibilidade, fornecendo informações sobre como cada variável impacta os resultados do projeto

Figura 22 – Análise de sensibilidade – cenário 1



As despesas fixas têm um impacto significativo na variação do Valor Presente Líquido (VPL) e na Taxa Interna de Retorno (TIR), representando 53,3% dessa influência. Pequenas mudanças nessas despesas podem resultar em alterações significativas no VPL e na TIR. Além disso, a quantidade de produção também exerce um impacto de aproximadamente 33% no VPL e na TIR, destacando a importância de monitorar essa variável. O modelo é mais sensível às alterações da quantidade do que do preço de venda. Ao analisar os gastos, identifica-se que a remuneração de pessoal, incluindo o pró-labore, representa em média 57% do total das despesas, sendo o fator que mais impacta no resultado financeiro. Em segundo lugar, com cerca de 16%, está o custo de manutenção dos equipamentos.

Em relação aos valores obtidos na projeção do cenário 1 é importante destacar que o investimento total necessário para o empreendimento ultrapassa R\$ 1.161.577 (USD 243.517). Desses, R\$ 702.568 (USD 147.288) correspondem à construção física do espaço e à contrapartida da doação onerosa. Esse valor inicial pode tornar o negócio inviável. No entanto, a inserção de um coworking industrial para compartilhamento de instalações pode ser uma solução para reduzir significativamente esse valor.

No cenário 2, se reduz R\$ 702.568 (USD 147.288) de investimento inicial, e se acrescenta de R\$ 12.000 (USD 2.515) referente à taxa anual de locação do espaço no coworking reduzindo a entrada anual de recursos (R\$ 168.301 – R\$ 12.000 = R\$ 156.301,00 / USD 35.283 – USD 2.515 = USD 32.767). A abordagem contribui para tornar o investimento mais acessível e viabilizar o empreendimento. A Tabela 10 demonstra o cálculo do VPL e da TIR no cenário 2, com redução do investimento inicial.

Tabela 10 - Demonstrativo cálculo VPL, TIR e Payback – cenário 2

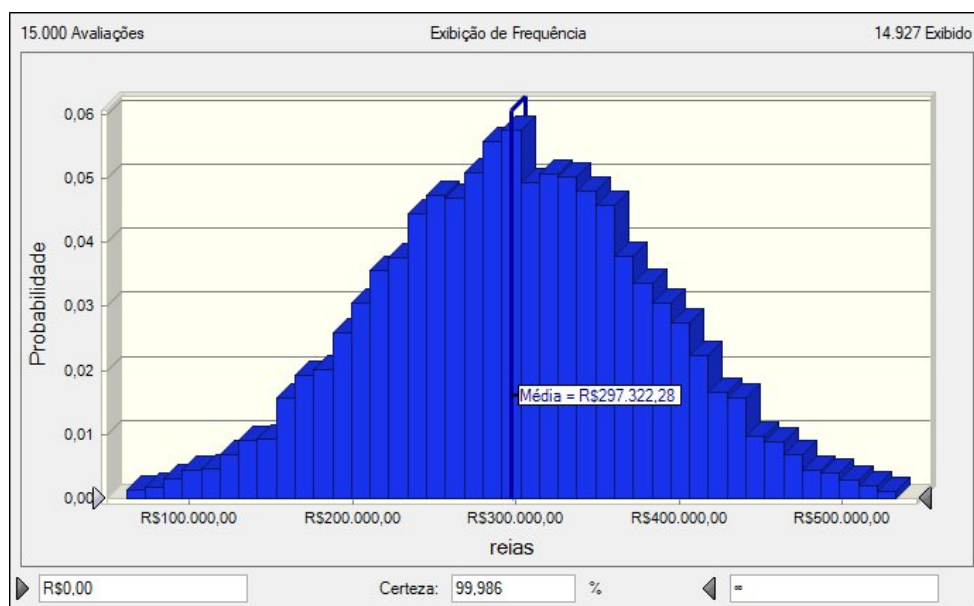
Ano	Invest. /Lucro		Valor Presente		Payback				
0	-R\$	459.009	USD 96.288	-R\$	459.009	USD 96.288	-R\$	459.009	- USD 96.288
1	R\$	156.301	USD 32.767	R\$	142.092	USD 29.788	-R\$	316.916	-USD 66.439
2	R\$	156.301	USD 32.767	R\$	129.174	USD 27.080	-R\$	187.742	- USD 39.358
3	R\$	156.301	USD 32.767	R\$	117.431	USD 24.618	-R\$	70.310	- USD 14.740
4	R\$	156.301	USD 32.767	R\$	106.755	USD 22.380	R\$	36.445	USD 7.614
5	R\$	405.806	USD 85.074	R\$	251.973	USD 52.824	R\$	288.418	USD 60.464

Com a alteração do investimento, o valor residual passa a ser de R\$ 405.806 (USD 85.074) correspondente a entrada do ano de R\$ 156.301 (USD 32.767) somado ao residual dos equipamentos R\$ 199.504 (41.824) e o capital de giro R\$ 50.000,00 (USD 10.482).

Ao final da projeção dos 5 anos, obteve-se um valor positivo de R\$ 288.418 (USD 60.464) para o Valor Presente Líquido. A TIR calculada foi de 29% e o tempo de retorno do investimento ocorre no 4º ano, mais precisamente 4 anos e 8 meses. A respeito deste período, se considera um investimento de médio prazo. Os investimentos de médio prazo têm retorno esperado entre um e cinco anos e este prazo se enquadra, segundo informações do site B3, no objetivo de iniciar novos negócios (B3 -BRASIL, 2023).

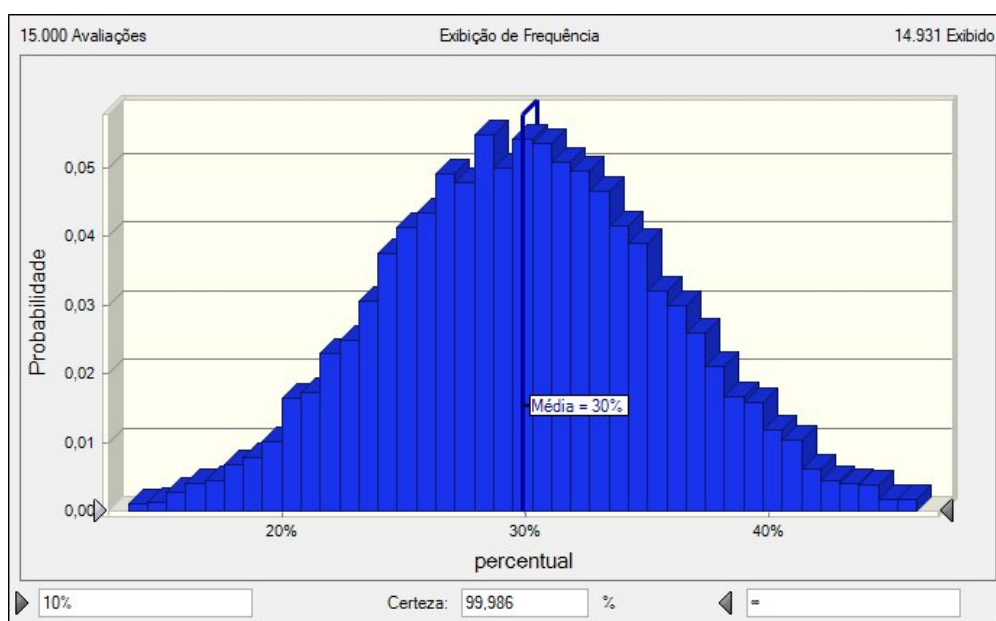
Já a probabilidade de o VPL ser positivo foi superior a 99%. A análise utilizou o software Crystal Ball e os mesmos pressupostos para o cálculo da variável “resultado econômico”, e se buscou aproximar o VPL calculado da média da simulação. A Figura 23 apresenta a visualização dessa probabilidade.

Figura 23 - Probabilidade do VPL positivo – cenário 2



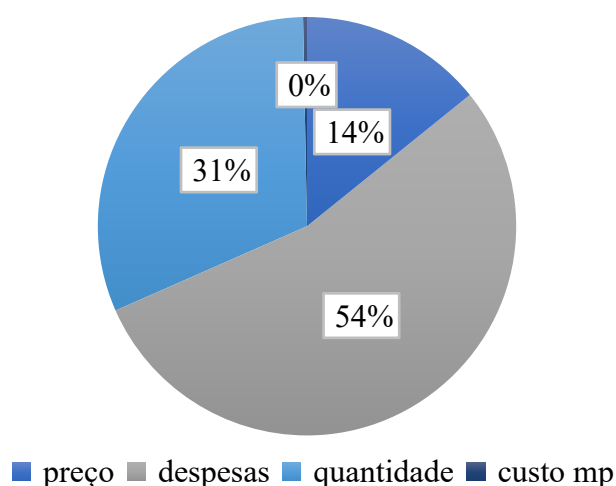
O mesmo procedimento foi adotado para a análise da probabilidade da TIR ser igual ou superior a 10%. A Figura 24 apresenta a probabilidade de mais de 99% da TIR ser igual ou superior a TMA de 10%.

Figura 24 – Probabilidade da TIR ser igual ou superior a TMA



Na comparação dos cenários, em relação à sensibilidade dos pressupostos de preço, quantidade líquida de produção, custos fixos e custo da matéria-prima não foram observadas mudanças significativas. Isso se deve porque a única alteração no valor de entrada foi referente à inclusão do valor estimado de aluguel no coworking, no montante de R\$ 12.000,00 (USD 2.515). A Figura 25 apresenta os resultados.

Figura 25- Análise de sensibilidade cenário 2



No caso das despesas fixas, a alteração foi de 53,3% de impacto no cenário 1 (com doação onerosa do lote) para 54,2% no cenário 2 (com instalação da indústria no coworking industrial). Quanto ao impacto da quantidade produzida líquida, houve uma diminuição de 32,9% no cenário 1 para 31,2% no cenário 2. A Tabela 11 apresenta uma síntese dos indicadores financeiros do cenário 1, com a doação onerosa do lote, e do cenário 2, com a instalação da indústria no coworking industrial.

Tabela 11- Resultados dos Indicadores Financeiros

Indicador	Doação Lote		Coworking		Variação
	R\$	USD	R\$	USD	
Resul. econômico a ⁻¹	R\$ 128.400	USD 26.918	R\$ 116.400	USD 24.402	9%
Investimento	R\$ 1.161.577	USD 243.517	R\$ 459.009	USD 96.228	60%
VPL (5anos)	R\$ 67.579	USD 14.167	R\$ 288.418	USD 62.561	77%
TIR	11,6%		28,9%		60%
Payback	>5		4,67		
Prob. VPL/TIR	78%		99%		

A Tabela 11 evidencia a melhora nos indicadores e percentuais resultantes da redução do investimento inicial, o que aponta para uma maior probabilidade de sucesso da empresa nessa configuração. Além disso, essa abordagem apresenta a vantagem adicional de possibilitar uma redução nos custos de fabricação para as empresas que utilizam materiais reciclados. Na próxima seção, 4.4.5, serão explorados os benefícios socioambientais desse modelo de negócio.

4.4.5 Análise dos benefícios ambientais e sociais

Para avaliar os benefícios sociais e ambientais da reciclagem de PETs no Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria, foram considerados os seguintes aspectos:

- a) Redução do uso de petróleo;
- b) Economia de energia na produção de novo plástico;
- c) Economia de água na produção de novos plásticos;
- d) Emissões de gases de efeito estufa: A redução do consumo de petróleo implica na diminuição das emissões de CO₂ e outros gases de efeito estufa.
- e) Redução do uso de aterros. Menos plásticos depositados em aterros resulta em menor emissão de gases comuns nesses locais, como dióxido de carbono e metano;
- f) Geração de emprego e renda; e
- g) Redução do CO₂ associadas ao transporte dos resíduos até uma recicladora. A recicladora mais próxima foi encontrada em Farroupilha – RS, a uma distância de 282 km. A empresa Sulpet Plásticos tem uma produção de 1.650 toneladas mês de plástico reciclado (SULPET PLÁSTICOS, 2023).

O Quadro 14 apresenta a redução dos impactos ambientais com base na quantidade mínima de resíduos coletados, bem como o impacto projetado com o aumento da taxa de reciclagem. A estimativa da quantidade reciclada foi realizada com base em dados de resíduos já coletados, indicando que essas reduções já estão em andamento.

No entanto, é importante ressaltar que a implantação de uma indústria de transformação pode impulsionar a conscientização da população, despertar maior interesse pelos recicláveis e resultar em uma maior quantidade de resíduos recolhidos. Portanto, foram incluídas projeções de aumento de 10% e 20% na quantidade mínima estimada (Tabela 4).

Quadro 14 – Projeção da redução de Impactos no ambiente

Aspecto Ambiental	Referência	Ref. por ton.	180 ton.	+10%	+20%
Redução Petróleo (barris)	(LAMMA, 2021)	16,8 barris	*3.024	302	604
Redução Energia – prod. Plástico (kWh)	(STANFORD UNIVERSITY, 2023)	7.200 kWh	1.296.000	129.600	259.200
Redução Água – produz. Plástico (litros)	(ABIPLAST, 2019)	450 litros	81.000	8.100	16.200
Redução Gases de Efeito Estufa (ton)	(BATAINEH, 2020)	1,80 ton	324	32	64
Redução de plásticos (aterros) (ton)	(ABIPLAST, 2019)	1 ton	180	18	36
Redução da área ocupada (aterros) (m ₃)	(ABIPLAST, 2017)	5,66 m ₃	1.018	101	203

*Cálculo: 16,8 barris x 180 ton. = 3.024 barris

Para fins de comparação, o gasto anual per capita de energia na região sul em 2022 foi de 792 kWh/hab. (EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE, 2022). Com o aumento da reciclagem, seria possível abastecer o equivalente a 163 pessoas (10% de aumento) e 326 pessoas (20% de aumento). No que se refere ao uso da água, o consumo per capita diário no Rio Grande do Sul é de 131,20 litros (PESSOA, 2022). Com o aumento estimado na reciclagem, a economia seria suficiente para atender entre 61 e 123 pessoas por dia.

Um fator adicional a ser considerado é a possibilidade de eliminação do transporte de resíduos. De acordo com a pesquisa, uma indústria de reciclagem (potencial receptora dos resíduos) foi identificada a uma distância de 282 km. Isso significa que, com a presença dessa indústria no local, não seria mais necessário realizar o transporte dos resíduos a essa distância. O Quadro 15 apresenta a projeção da redução de CO₂ na atividade de transporte.

Quadro 15 – Projeção da redução de CO₂ na atividade de transporte

Transporte	Rotas	km	Total km	*CO ₂ g/km	Kg CO ₂	ton CO ₂
*5 toneladas por carga (180/5 = 36) apenas ida	36	282	10.152	593,85	6.028	6

* considerado dados de Pádua (2014). Caminhão possui motor D13C 540cv, tecnologia SCR

Estima-se que cada brasileiro seja responsável pela emissão média anual de aproximadamente 2,28 toneladas de dióxido de carbono (CO₂), excluindo as emissões industriais. (RITCHIE; ROSER, 2023). A redução dos gases é capaz de ser comparável à emissão de CO₂ anual de 30 pessoas. Lembrando que estes ganhos (exceto ganhos do transporte) se referem apenas ao incremento da taxa de recolhimento e tratamento dos resíduos, uma vez que o ganho ambiental da taxa de reciclagem atual já ocorre em outro local.

Quanto ao impacto social, foi adotado o uso do balanço social no modelo IBASE. A Tabela 12 apresenta os aspectos sociais identificados por meio da projeção da nova planta.

Tabela 12 – Balanço Social Ajustado

1) Base de cálculo	Valor		
Receita Líquida (RL)	R\$ 736.826,55/ USD 154.470,97		
Resultado Operacional (RO)	R\$ 128.400,50/ USD 26.918,34		
Folha de Pagamento Bruta (FPB)	R\$ 225.640,47/ USD 47.304,29		
2) Indicadores Sociais Internos	Valor	% Sobre FPB	% Sobre RL
Encargos sociais	R\$ 31.932/ USD 6.694	14,15	4,33
Alimentação	R\$ 23.520/ USD 4.930	10,42	3,19
Transportes	R\$ 18.480/ USD 3.874	8,19	2,50
3) Indicadores Sociais Externos			
Tributos	R\$ 67.569 USD 14.165	29,95	9,17
4) Indicadores Ambientais			
5) Indicadores do corpo funcional			
Nº empregados diretos		8	
Nº empregados indiretos (3,16 por ton.) - média 14 toneladas - cenário normal		44	
6) Informações Relevantes quanto ao Exercício da Cidadania Empresarial			
Relação entre a maior e o menor salário		1,40	
Os projetos sociais e ambientais desenvolvidos pela empresa foram definidos	<input type="checkbox"/> pela direção	<input checked="" type="checkbox"/> direção e gerências	<input type="checkbox"/> todos os empregados
Na seleção dos fornecedores, os mesmos padrões éticos e de responsabilidade social e ambiental adotados pela empresa	<input type="checkbox"/> não são considerados	<input type="checkbox"/> são sugeridos	<input checked="" type="checkbox"/> são exigidos
7) Outras Informações			

Fonte: ABIPLAST (2019), Modelo ajustado de IBASE

A projeção para a nova planta de reciclagem indica a geração de 8 empregos diretos e 44 indiretos. Os encargos sociais, representados pelo Fundo de Garantia por Tempo de Serviço, correspondem a 14% do total da folha de pagamento. Não foi calculado o INSS, uma vez que a indústria estará enquadrada no regime tributário do Simples Nacional, e a contribuição social do INSS será apenas do trabalhador. Os benefícios de alimentação e transporte somados representam 18% do valor total da folha de pagamento.

Na próxima seção 4.5 é apresentada uma proposta para apoio à implementação de iniciativas da Simbiose Industrial no Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria.

4.5 INICIATIVAS PARA APOIO À IMPLEMENTAÇÃO DA SIMBIOSE INDUSTRIAL

Esta seção propõe iniciativas de apoio à implementação de Simbiose Industrial nos Parques em fase de desenvolvimento. A proposta foi elaborada com as etapas para a implementação da Simbiose mencionadas por Yeo et al. (2019). Foi designado às etapas associando os agentes responsáveis em função dos papéis e das principais ações que exercem no processo. Propõe-se que a coordenação do projeto seja vinculada à Agência de Desenvolvimento de Santa Maria, no caso do Parque de Santa Maria, que é uma associação sem fins lucrativos ou dependência governamental, e é formada por empresários e ligada às universidades e aos parques tecnológicos presentes no município.

Esse papel se justifica pelo objetivo da ADESM que é de apoiar as demandas das empresas instaladas e a mesma já desenvolve projetos em conjunto com instituições de ensino, inclusive em pesquisas de levantamento de dados sócio econômicos da cidade de Santa Maria. Não se encontra justificativa para a criação de uma nova associação no local. A proximidade da Agência com a prefeitura municipal, os empresários locais, os tecnoparques e as universidades são tidos como um diferencial para que essa associação abarque a coordenação do projeto. Ainda é de se lembrar que a ADESM projetou no Plano Estratégico de Desenvolvimento de Santa Maria (PED 2014-2030) 14 eixos temáticos e dentre eles o de ações de sustentabilidade incluindo gestão de resíduos, competitividade e inovação industrial. Essas características devem ser buscadas para associações ou agências que queiram assumir este papel em outros parques em desenvolvimento.

Por sua vez, as universidades podem assumir um papel importante no desenvolvimento da Simbiose dos parques industriais, desde o auxílio na programação das fases do projeto, na sensibilização e no apoio nas etapas da implementação. As universidades possuem capital humano especializado para contribuir na busca de sinergia entre as empresas, assim como estudar soluções

técnicas e econômicas para a melhor destinação dos resíduos. Ela pode apoiar também o governo local na busca de atividades industriais que sejam elos de ligação entre empresas já instaladas no parque.

A exemplo, se pode citar a identificação das possibilidades destacadas nesta tese, como a indústria de reciclagem de plástico, ou da inserção de biodigestores. Cabe ao governo implementar políticas públicas que possam apoiar as empresas instaladas no parque, e atrair negócios sustentáveis. A política da doação onerosa é positiva e tem apresentado resultados (por exemplo, o cercamento do local com recursos da rubrica e melhorias na infraestrutura local). Contudo, para alavancar as atividades específicas de uso e reuso de resíduos se pode pensar na estrutura de um coworking industrial. O Coworking auxilia na quebra da barreira econômica, e ainda, as empresas beneficiárias do projeto, no encontro e concretização de compartilhamento de resíduos ou serviços podem auxiliar atraindo e derrubando a barreira da confiança, e assim auxiliando na etapa de “envolver empresas”. Quebrar esta barreira significa possibilitar novas fases do projeto, como a de utilização de plataformas digitais para a coleta de dados dos resíduos ao nível regional.

A Figura 26 apresenta de forma resumida as etapas da proposta relacionando-as aos agentes e ações no processo de Simbiose.

Figura 26 – Síntese das etapas, agentes, ações e papéis no processo da Simbiose

Etapas/ Agentes	Agência	Universidades	Governo	Empresas	Ações
Avaliação Preliminar	✓	✓			Identificar atividades
Envolver Empresas	✓	✓	✓	✓	Sensibilização
Encontrar Sinergia	✓	✓			Gerar matriz sinergia
Viabilidade		✓	✓		Análise Técnica econômica/ ambiental
Implementar				✓	Concretizar projeto
Documentar/ Divulgar	✓				Divulgar cases
Papéis	Coordenador	Facilitador	Incentivador	Âncora	Ações

Na Figura 26 é realizada a relação entre os papéis de cada agente no processo de implementação de iniciativas da Simbiose em Parques em desenvolvimento. Justifica-se os papeis da seguinte forma: A Agência como coordenador em função da sua interligação com empresas, universidade, governo local, e demais associações. As universidades e centros de pesquisa como facilitadores conduzindo pesquisas das possibilidades técnicas e de viabilidade econômica para o reuso, reciclagem, compartilhamento dos resíduos, e melhor aproveitamento de serviços de uso comum, eficiência do consumo dos recursos naturais (água, energia). O governo tem seu papel de incentivar as ações, propor políticas públicas e buscar de forma ativa a implantação de empresas com negócios sustentáveis e que possam fazer parte da cadeia de Simbiose proposta no Parque. E as empresas, que sendo beneficiadas no processo, podem estimular novos participantes do processo. Estes atores do processo possuem motivações e interesses diferentes mas que podem culminar em um grande objetivo comum, o desenvolvimento pleno dos parques.

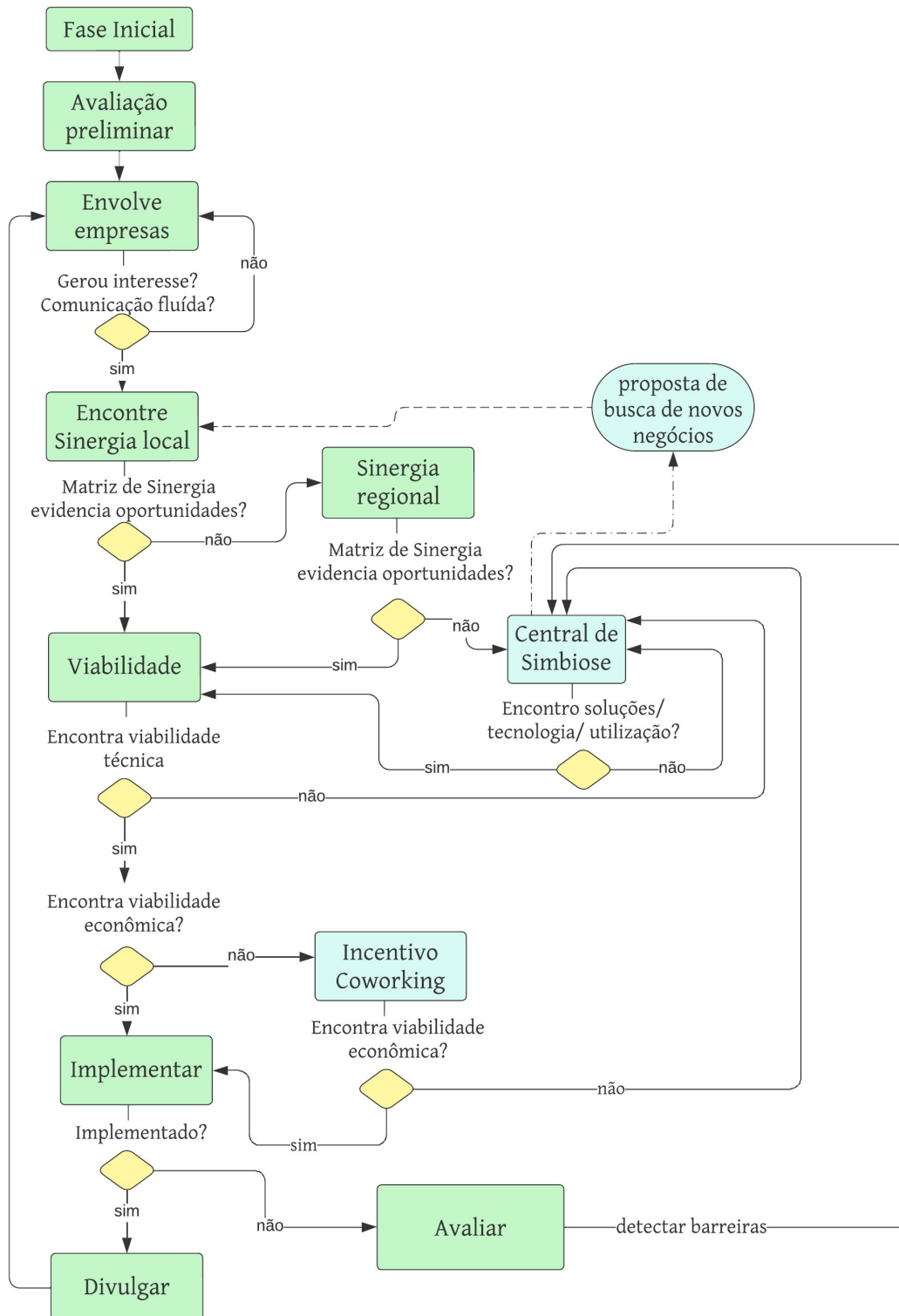
Quanto a implementação da SI seguiu-se as etapas de implementação propostas por Yeo et al. (2019), e utiliza a matriz de sinergia proposta por Magrini e Veiga (2018) como método da busca inicial das oportunidades de compartilhamento e da percepção de novos negócios. Ainda foram sugeridas estruturas (iniciativas) de suporte para as fases consideradas críticas no alcance da expansão das atividades com base na Simbiose Industrial.

As estruturas ou ações de suporte foram elaboradas levando em consideração os aspectos discutidos neste estudo, incluindo: a) a estratégia do governo local em atrair indústrias para a expansão do parque; b) os desafios relacionados à Simbiose Industrial, como a falta de comunicação entre instituições no âmbito ambiental, a necessidade de proatividade na busca por parcerias e o desconhecimento do potencial do compartilhamento de resíduos, serviços e conhecimento; e c) os riscos inerentes aos negócios relacionados ao uso e reuso de resíduos. Nesse contexto, serão apresentadas duas estruturas e uma ação de direcionamento político, nomeadas de iniciativas para apoiar a Implementação da SI em parques em desenvolvimento. São elas:

- 1) Coworking Industrial – Fase uso e reuso de resíduos; e
- 2) Central de Simbiose;
- 3) Priorização na busca de indústrias de “elos de ligação” para o Parque

A Figura 27 apresenta o fluxograma das etapas e a relação com as iniciativas para apoio da implementação da Simbiose Industrial em parques em desenvolvimento.

Figura 27 – Fluxograma das etapas e iniciativas para apoio da implementação de Simbiose



Pode ser visualizado na Figura 27 as iniciativas pensadas para o apoio da implementação da Simbiose Industrial em Parques em Desenvolvimento. As etapas previstas por Yeo et al (2019) são abordadas individualmente na seção 2.4.1. A iniciativa de inclusão de um **Coworking Industrial Sustentável** serve como um ambiente para promover o compartilhamento de infraestrutura, serviços e conhecimento, e por si só, é uma oportunidade para o desenvolvimento de negócios. Os residentes, após alcançarem a maturidade necessária, poderão se estabelecer no Parque Industrial. Nesse sentido, o espaço pode ser utilizado por diversas indústrias, mas na Fase I do projeto proposta desta tese, será direcionado para a instalação de negócios relacionados ao reuso e/ou reciclagem de resíduos. Destaca-se que a proposta de um coworking já foi pensada pelo Santa Maria Tecnoparque e pela prefeitura, mas apenas como um local de inserção de novas empresas sem delinear o tipo de atividade e administração. O projeto não prosperou em virtude da indisponibilidade de recursos. A nova proposição se insere no contexto da sustentabilidade do Parque e isso pode facilitar o financiamento público da proposta. As principais funções do coworking industrial são:

- a) Estimular o crescimento de pequenas empresas de reuso e reciclagem que ainda não possuem maturidade para solicitar um lote no Parque Industrial por meio do processo licitatório da Prefeitura;
- b) Abrigar empresas que já desenvolvem atividades, mas ainda enfrentam desafios de sustentabilidade relacionados à sua atividade;
- c) Incentivar a inserção de novas pequenas indústrias no Parque Industrial;
- d) Apoiar os gestores industriais na criação de uma cultura de compartilhamento de informações, experiências e tecnologias.

As indústrias do Parque Industrial podem se beneficiar financeira e ambientalmente ao comercializar seus resíduos ou ao adquirir materiais e insumos transformados em matérias-primas novamente. Isso cria um ciclo que contribui para o meio ambiente. É importante destacar que a Política Nacional de Resíduos Sólidos ressalta a importância do descarte responsável e prioriza as formas de reuso e reciclagem nas indústrias. A adoção dessas práticas alinhadas à legislação ambiental fortalece a atuação das empresas no âmbito da responsabilidade socioambiental, contribuindo para a construção de uma economia mais sustentável e resiliente.

A sugestão é que o coworking industrial seja administrado pelo Parque Tecnológico "Santa Maria Tecnoparque", uma instituição com experiência de 10 anos e que se encontra em uma situação autossustentável do ponto de vista econômico. Essa administração pode garantir a operação eficaz do espaço compartilhado, promovendo a integração entre os empreendedores, estimulando a colaboração

e a troca de experiências entre os participantes. O Quadro 16 apresenta um resumo da proposta do coworking industrial - Fase I discutida com a diretoria do Santa Maria Tecnoparque.

Quadro 16- Síntese do projeto coworking

Estrutura física	Quatro pavilhões de 250 m ² cada, totalizando 1000m ² de área construída. A divisão interna é flexível e adaptável conforme a necessidade das empresas beneficiárias. Integram ainda, sistema fotovoltaico para energia, sistema de tratamento de efluentes e de coleta pluvial. Um pavilhão composto das áreas comuns como: área administrativa, área de cozinha equipada, sala de reuniões, banheiros, e salas industriais. Outros três pavilhões apenas para área industrial. Geração de energia solar. As máquinas e equipamentos específicos para produção de outros bens não se incluem nesta proposta.
Administração	Santa Maria Tecnoparque e Prefeitura Municipal de Santa Maria
Admissão das residentes	Processo licitatório simplificado. O tempo de permanência no local é de cinco anos, podendo ser prorrogado por mais a metade do tempo estimado inicialmente no edital. A prorrogação depende do cumprimento de pelo menos 75% das metas apresentadas na proposta econômica social das indústrias.
Orçamento	IPLAN – Prefeitura Municipal de Santa Maria

A partir de um levantamento realizado com projetos em andamento por indústrias residentes do Tecnoparque e por indústrias interessadas em implantar suas atividades no Parque Industrial, já é possível identificar algumas indústrias potencialmente aptas a se tornarem residentes da nova estrutura. Entre elas, destacam-se as seguintes: Indústrias de tintura de uniformes e costura, como o projeto Batalhão do Bem; Indústrias de retalhos de costura, voltadas para a produção de estopa; Indústrias envolvidas na transformação de resíduos de animais mortos para uso na construção civil. Essas indústrias representam apenas algumas das possíveis residentes da nova estrutura, evidenciando o potencial diversificado de negócios voltados para a sustentabilidade.

A segunda iniciativa proposta é a **Central de Simbiose Industrial**, pois, além do coworking, é necessário estabelecer uma estrutura que apoie e promova ações não apenas para esse espaço específico. Nesse sentido, a inclusão de uma Central de Simbiose se faz justificada.

A central de simbiose poderá desempenhar um papel fundamental no auxílio à gestão de resíduos do Parque. Propõe-se que esta seja uma extensão da Agência de Desenvolvimento Econômico de Santa Maria (ADESM) em parceria com as Universidades e Tecnoparques da região. Suas funções estão relacionadas a:

- a) Realizar estudos sobre novas possibilidades de sinergia industrial, tanto dentro quanto fora do Parque;
- b) Pesquisar tecnologias para o tratamento dos resíduos existentes no local;
- c) Facilitar a aproximação entre empresas, associações, universidades e governo;
- d) Conectar indústrias fornecedoras e empresas clientes;
- e) Identificar setores ou negócios que possam estabelecer parcerias de sinergia industrial, orientando os gestores públicos nesse sentido;
- f) Divulgar os princípios da Ecologia e da Simbiose Industrial;
- g) Promover a sustentabilidade dos negócios relacionados aos resíduos, seguindo o exemplo da Dinamarca.

É importante ressaltar que pode ser desafiador estabelecer uma aproximação entre o grupo de estudo e as indústrias, uma vez que a questão ambiental pode não ser vista como prioritária pelos gestores, que podem não enxergar ganhos econômicos imediatos. No entanto, ao estar integrada à ADESM, a credibilidade necessária para iniciar os primeiros estudos é conferida. Portanto, as reuniões devem ser objetivas, evitando capacitações teóricas ou jogos empresariais. Demonstrações práticas têm maior poder de sensibilização para que os gestores adotem o sistema. O desenvolvimento de uma plataforma de banco de resíduos pode ser pouco efetivo inicialmente, visto que o comportamento dos empresários é mais reativo no que se refere a gestão de resíduos.

Esse grupo de trabalho deve mapear as indústrias e as possibilidades de compartilhamento de resíduos e serviços. É importante agendar reuniões com os responsáveis pela gestão de resíduos nas empresas, e a presença física constante do grupo é necessária para articular com as empresas e outras associações. As pesquisas precisam trazer dados detalhados quanto à viabilidade técnica, econômica e ambiental dos possíveis compartilhamentos e projetos. A verificação da legislação ambiental junto a Fepam e dos procedimentos legais para a concretização dos negócios deve ser priorizada, visto, que esse é uma das barreiras apontadas neste estudo pelos gestores participantes da pesquisa.

As duas estruturas propostas são complementares e desempenham um papel importante no estímulo à Simbiose Industrial no Parque, como estratégia para sua expansão sustentável. Além disso, é fundamental que o governo implemente políticas públicas de modernização das empresas existentes, com foco na Ecologia Industrial, e incentive a instalação de empresas que adotem práticas ambientais corretas, utilizem ou forneçam tecnologias limpas e especializadas em reciclagem. Com isso, se propõe uma ação que priorize a busca por este tipo de empreendimento.

Neste sentido, a terceira iniciativa é a **Prioridade na busca por indústrias de “elos de ligação”**. O objetivo deste estudo é contribuir para acelerar o desenvolvimento do parque industrial, levando em consideração as dimensões sociais, econômicas e ambientais. Uma das abordagens defendidas neste trabalho é a busca ativa por novas empresas que possam atuar como clientes ou fornecedores e estabelecer trocas de resíduos com outras empresas já presentes no parque. No entanto, é importante reconhecer que essa não deve ser a única forma de atrair novas indústrias para o parque.

Essa abordagem possibilitaria promover uma gestão mais eficiente e sustentável dos resíduos gerados pelas empresas, ao mesmo tempo em que fortaleceria a economia local e fomentaria a geração de emprego e renda. Para incentivar essas indústrias, pode-se oferecer a doação onerosa ou a locação onerosa de uma estrutura física, como um coworking industrial, para empresas de menor capacidade produtiva.

Já para as indústrias de maior capacidade produtiva, que possuem acordos prévios de destinação de resíduos com recicladoras do parque e demonstram boas práticas ambientais, podem ser oferecidos benefícios adicionais, como descontos em impostos e taxas, e acesso a programas de financiamento para investimentos em tecnologias mais limpas e eficientes. Isso pode estimular a adoção de práticas sustentáveis e aumentar a competitividade das empresas no mercado, além de contribuir para a preservação do meio ambiente e promover o desenvolvimento sustentável do parque industrial. É fundamental garantir que o aspecto ambiental das novas indústrias que ingressarem no parque seja cuidadosamente considerado, para assegurar a meta de um parque industrial sustentável.

Além disso, a política pública pode estabelecer parcerias com as universidades locais para criar programas de capacitação e assistência técnica, incluindo a implementação da central de estudos de simbiose industrial proposta neste trabalho. Essas iniciativas poderão auxiliar as empresas a identificar oportunidades de sinergia industrial e adotar práticas eficientes e sustentáveis.

4.6 DISCUSSÕES

No estudo, se destaca que a política de gestão do Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria não considera a simbiose industrial como uma forma de desenvolvimento sustentável do local. Não ficou evidenciada nenhuma ação por parte do governo local, que atua como gestor do Parque, para formação de redes de colaboração entre as empresas no compartilhamento de resíduos ou serviços comuns. Este resultado vem ao encontro da pesquisa de Gurgel (2020) que concluiu que é baixa a percepção da existência de políticas públicas para o desenvolvimento dos espaços organizados. Especificamente, em relação aos estudos de Simbiose Industrial no Brasil, esta pesquisa se alinha com as pesquisas anteriores onde não se percebe uma atuação do governo para a disseminação e implementação da SI nos parques ou conglomerados industriais (COLPO et al., 2022, MIYAMOTO; COSTA; CANDIANI, 2022). Difere das pesquisas descritas na literatura internacional que apontam para a participação governamental efetiva nas ações conjuntas com as empresas (YOON; NADVI, 2018, MAYNARD et al., 2020, ELMASSAH, 2018, LIU et al, 2023).

Ressalta-se, no entanto, a informação que em 31/05/2023 a secretaria de Desenvolvimento Econômico, Indústria, Comércio e Serviços do Estado do Rio de Janeiro assinou, na Dinamarca, um memorando de entendimento com a organização Kalundborg Symbiosis, e com a Associação de Empresas do Distrito Industrial de Santa Cruz (RIO DE JANEIRO, 2023). O acordo, segundo o site, tem por finalidade promover o desenvolvimento econômico sustentável, conhecimento que possibilite a transição para uma economia circular e implementar o conceito de simbiose industrial.

Para os lotes do Parque Industrial de Santa Maria a legislação municipal garante incentivo no processo de doação onerosa, nesse quesito as dimensões econômicas e sociais são consideradas na avaliação. Já os requisitos ambientais estão limitados aos padrões exigidos pelo alvará do meio ambiente, de acordo com a atividade industrial em questão, de forma individualizada. Incentivar iniciativas para apoiar a formação de redes de colaboração, ou considerar os fluxos de entradas e saídas de subprodutos, ou potenciais entradas e saídas pode ser uma forma de planejar a busca por novos empreendimentos, e colaborar para a disseminação de processos fabris sustentáveis, inovativos e competitivos. E ao mesmo tempo, ir de encontro com o compromisso assumido pelo Brasil em acordos internacionais, e desta forma, atrair mais investimentos para a região.

Quanto aos relacionamentos entre indústrias, seguindo o conceito de Chertow (2000), não é observada uma rede simbiótica no local, mas há indícios de que no futuro possam ser estabelecidas conexões entre indústrias do parque e/ou com organizações externas. Da mesma forma que observado

no estudo de Xue et. al (2023), algumas empresas estavam conectadas com organizações e empresas fora dos limites do Parque. Um exemplo é uma empresa agrícola que transforma o resíduo de farelo de arroz em biofertilizante, gerando um subproduto que pode ser transformado novamente em ração ou farinha devido às proteínas remanescentes no resíduo. Outro exemplo é uma indústria de alimentos que vende óleo saturado de frituras para uma cooperativa externa ao parque, que o transforma em sabão e revende.

Para que uma rede de sinergias se torne realidade alguns aspectos precisam ser superados, entre eles a falta de informação ou consciência das possibilidades de uso e reuso dos resíduos. Existe o desconhecimento do termo Simbiose industrial por parte dos participantes das entrevistas. Esta barreira foi apontada na pesquisa de Neves et al. (2019), Boons et al. (2017), Bacudio et al. (2016), e por Rodin e Moser (2021) que em conjunto com as barreiras sociais são as que mais dificultam a implementação e inicialização da sinergia. Batista et al. (2020) destacam um modelo para gerenciamento de resíduos urbanos para Florianópolis para a aproximação entre vendedores e compradores. No entanto, para essa solução ser viável, falta disposição para alimentar este sistema, inicialmente não se visualiza uma confiança em relação aos possíveis benefícios, ou que o custo na busca ou no processo seja maior que o benefício gerado. Ressalta-se a existência de um banco de resíduos da FIERGS, mas que em verificação no site a última inserção de oferta teria sido em 2016 (BOLSA DE RECICLAVEIS, 2023). Neste caso, se pode inferir e se apoiar no trabalho de Park, Duque-Hernández e Díaz-Posada (2018) que existe um receio da divulgação de resíduos em plataformas, e no trabalho de Marra, Mazzocchitti e Sara (2018) e Ceglia, Abreu e Silva Filho (2017) que relatam a falta de cooperação ou confiança como motivo da não divulgação de informações de resíduos.

No local não é observada uma cultura colaborativa no que se refere a sustentabilidade do Parque e de ações para tratar das questões econômicas, ambientais e sociais de forma conjunta é observada no relacionamento entre indústrias, associações e governo local não é observado no local conjunta. Esta lacuna também foi observada por Colpo et al. (2021) quando realizada uma revisão de literatura com trabalhos de temática de SI no Brasil, e no trabalho de Chertow e Park (2016, p. 105) quanto citam a experiência relatada por Laybourn, 2015, na fala de um nicaraguense “nenhuma empresa está procurando eco-tecnologias ouecoinovação. O que eles procuram é uma solução para um problema de negócios”.

Contudo, o problema do desenvolvimento sustentável de parques industriais, não é um problema específico do Brasil. Em comparação com outros Parques Industriais, encontrou-se o estudo

de Ong, Mahmood e Musa (2021) que destacam como desafios para o desenvolvimento no Rawang Integrated Industrial Park da Malásia a falta de comprometimento com a gestão dos resíduos, ausência de sinergia entre as empresas e a falta de fiscalização.

E mesmo no Parque Eco-industrial da Área de Desenvolvimento Econômico-Tecnológico de Tianjin (TEDA), na China, a pesquisa de Chen, Song e Anggraeni (2019) destaca que o foco de muitas empresas do Parque ainda estão apenas na reciclagem em vez da tentativa de se estabelecer relações simbióticas e redução do uso de matérias-primas virgens. Contudo, os autores destacam a importância de um agente coordenador pode facilitar a comunicação entre empresas.

Na proposta para apoio à implementação da SI se traz a inclusão de uma central de sustentabilidade, que pode ser formada por uma das associações presentes no local, está agindo como um facilitador externo, destacando a pesquisa de Park, Duque-Hernández e Díaz-Posada (2018) na Colômbia, que relatam que o facilitador externo pode identificar oportunidades de criação e valor, iniciando o processo de conscientização para o surgimento de parcerias. E de Jato-Espino e Ruiz-Puente (2021) que citam a responsabilidade de um terceiro cujo foco é a mediação entre as empresas.

Outra proposta é a inserção de um coworking industrial para incentivar negócios de uso e reuso de resíduos, ou transformação dos mesmos. A criação de um elo simbiótico por meio da inserção de uma recicladora proporciona o uso de materiais reciclados no Parque. E isso promove benefícios no aspecto social, ambiental e na redução do impacto ambiental como pode demonstrado neste trabalho. Os materiais reciclados, quando recuperam suas funções originais, ajudam a reduzir o custo de produção industrial, assim como, concluído no trabalho de Sellitto e Luchese (2018) também se tornam uma oportunidade de negócios com geração de emprego, renda e em aspecto amplo, de desenvolvimento regional.

Esta pesquisa concorda com trabalhos anteriores que indicam que as sinergias industriais, além de serem um elemento básico dos parques eco industriais podem ser implementadas em parques industriais existentes (ELABRAS VEIGA; SANTOS, 2018; MAGRINI; ELABRAS VEIGA, 2018; SHI; CHERTOW; SONG, 2010). Como exemplo, Magrini e Elabras Veiga (2018) relatam que o fomento à SI com base em incentivos para inserção de industriais ambientalmente corretas, de fornecedores de tecnologia limpa e incentivo a recicladoras foi uma das estratégias para o desenvolvimento do Parque Eco Industrial de Baltimore, Maryland.

5 CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA

Pesquisar envolve investigar e compreender questões que afetam a sociedade e buscar soluções que possam ajudar as pessoas. Ao divulgar os resultados da pesquisa, é fundamental destacar como eles podem contribuir para aprimorar a vida social, econômica e acadêmica, bem como apresentar evidências que comprovem essas contribuições, o que é conhecido como contribuição empírica.

Dessa forma, a pesquisa se torna ainda mais valiosa, pois não só propõe soluções, mas também fornece dados concretos que comprovam a eficácia dessas soluções na prática. Com isso, é possível melhorar processos, economizar recursos e criar novas oportunidades com base em informações sólidas e confiáveis. Em resumo, a pesquisa é uma ferramenta essencial para avançar e progredir.

5.1 CONTRIBUIÇÕES SOCIAIS

A Simbiose Industrial é uma abordagem que tem dentre suas premissas o aspecto ambiental, e visa reduzir os impactos ambientais causados pelas indústrias. Este trabalho busca promover o compartilhamento de resíduos possibilitando a redução e/ou a destinação de forma amigável ao meio ambiente. Isso contribui para a melhoria da qualidade de vida da população que vive próxima aos parques industriais.

Por outro lado, o desenvolvimento pleno dos parques industriais, como no caso do Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria, contribui para geração de emprego e renda na região. Destaca-se que no caso do Parque de Santa Maria este é localizado em uma região onde a população anseia por oportunidades de trabalho e renda. A pesquisa aborda a temática da Simbiose Industrial, que incentiva as empresas a aprimorarem sua eficiência e competitividade. Com isso, essas empresas podem expandir suas atividades e contratar mais trabalhadores. Além disso, como demonstrado na pesquisa, pode oportunizar a criação de novos negócios gerando mais empregos e estimulando a economia da região. Neste sentido, o investimento inicial, geralmente recursos públicos, para a criação dos parques industriais se torna benéfico, retornando para a sociedade por meio dos impostos gerados nos novos empreendimentos.

Outro aspecto, é a melhoria da imagem das indústrias. Ao adotar práticas sustentáveis podem demonstrar seu compromisso com a sustentabilidade e com a responsabilidade social. Esta consideração é especialmente aplicável às corporações de grande porte ou multinacionais que operam

dentro do parque industrial, que atualmente enfatizam a sustentabilidade por meio de práticas individuais e que poderiam também adotar uma abordagem coletiva em relação a esse tema.

A soma desses fatores também tem o potencial de fortalecer a comunidade local, já o desenvolvimento pleno do parque industrial pode gerar benefícios para a infraestrutura local, incluindo melhorias no transporte, saúde e educação, proporcionando assim uma melhor qualidade de vida para a população residente na região.

5.2 CONTRIBUIÇÕES ECONÔMICAS

No aspecto econômico, essa pesquisa reforça um modelo de economia circular, pois quando ocorre a transformação dos resíduos de uma indústria em matéria-prima para outra, possibilita-se a valorização dos subprodutos e resíduos, impulsionando uma rentabilidade antes despercebida. Essa rentabilidade ocorre em virtude de nova fonte de receita ou da redução de custo na destinação dos subprodutos. A adoção das práticas de Simbiose Industrial no Parque reduz consideravelmente o risco dos impactos financeiros decorrentes de multas e penalidades ambientais, bem como o gasto com a gestão dos resíduos e efluentes.

A implementação da simbiose industrial pode tornar esses parques industriais atrativos para investidores, nacionais e internacionais, que reconhecem o potencial de crescimento e lucratividade. A atração de investimentos não apenas estimula o desenvolvimento econômico local, mas também gera empregos e amplia as oportunidades para a sociedade como um todo. Esta pesquisa fortalece a ideia de que a simbiose industrial não se limita a ser uma visão de sustentabilidade, mas uma oportunidade para impulsionar o desenvolvimento econômico nos parques industriais em desenvolvimento.

Outro fator econômico que deve ser considerado, e que este trabalho contribui é no uso eficiente dos recursos públicos, visto que a implantação dos parques industriais muitas vezes envolve um significativo aporte de recursos públicos, no entanto, quando os parques industriais não são ocupados ou desenvolvidos adequadamente, isso resulta em prejuízos significativos para a sociedade. Primeiramente, o dinheiro público investido nessas áreas não gera o retorno esperado, desperdiçando recursos financeiros que poderiam ser alocados em outros projetos ou serviços públicos essenciais. A falta de ocupação ou desenvolvimento de parques industriais impede a geração de mais empregos e não contribui de forma plena para o crescimento econômico da região.

A não utilização eficiente dessas áreas também pode levar ao declínio da infraestrutura existente, já que a manutenção adequada pode se tornar inviável sem a presença de empresas operando

no local. Isso, por sua vez, acarreta custos adicionais para a sociedade, que pode ser forçada a arcar com despesas de revitalização ou readequação. Portanto, a pesquisa contribui sugerindo iniciativas de implementação da Simbiose em Parques em desenvolvimento, para que haja um esforço contínuo para promover a ocupação e o desenvolvimento sustentável dos parques industriais que contaram com investimentos públicos. Isso não apenas otimiza o retorno dos recursos públicos investidos, mas também contribui para o crescimento econômico local e regional.

5.3 CONTRIBUIÇÕES EMPÍRICAS

As contribuições empíricas referem-se a informações ou resultados obtidos por meio de documentação, observação direta, das entrevistas e visitas técnicas. Neste trabalho são específicas ao caso do Parque de Santa Maria. Dentre as contribuições empíricas o estudo apresenta sugestões na busca por novos empreendimentos para o local e sugere para o fomento à Simbiose Industrial, que na busca sejam priorizadas indústrias que possam atender às necessidades das empresas já estabelecidas no local, seja fornecendo matérias-primas ou aproveitando os resíduos gerados como insumos. Apresenta ainda, a falta de relacionamento na temática ambiental entre associações, indústrias e governo e propõe um grupo de estudo Simbiose Industrial no Parque para auxiliar na aproximação das instituições.

O trabalho destaca como principal desafio das sinergias a falta de comunicação entre as indústrias no aspecto econômico ambiental, e a proatividade, e conhecimento das possibilidades que possam fruir destas trocas. Os entrevistados estão abertos a parcerias neste aspecto, mas estão focados no propósito do seu negócio (busca de clientes, negociação dos valores das matérias-primas, cumprimento da legislação).

A pesquisa apresenta as trocas existentes e as possibilidades de sinergia existentes no Parque. Embora não caracterizem exatamente uma Simbiose Industrial, conforme conceituada por Chertow (2000), as atividades analisadas, somadas aos projetos em curso no Parque Tecnológico e ao interesse de outra indústria no processo de beneficiamento de seus resíduos, constituem um cenário promissor para o desenvolvimento futuro de redes de simbiose no Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria.

O trabalho relaciona as possíveis trocas por meio do reuso dos resíduos entre indústrias e com a inclusão de indústrias de transformação de resíduos (recicladoras, empresas de beneficiamento, ou biodigestores). Ainda, o estudo faz um corte na pesquisa, e avalia a viabilidade econômica e financeira

e dos impactos socioambientais da implantação de uma planta de reciclagem de plástico. Neste estudo, fica evidenciado que apesar dos indicadores financeiros positivos e de impacto socioambiental positivos, que o investimento é alto em relação a proporção do resultado investido, necessitando assim de aporte ou incentivo público para sua realização.

5.4 CONTRIBUIÇÕES ACADÊMICAS E CIENTÍFICAS

Quanto às contribuições acadêmicas, este estudo de caso, apesar de não poder ter seus resultados generalizados, e esta ser uma limitação própria do método, busca se unir a outros estudos do gênero contribuindo para a produção de novos conhecimentos.

Este trabalho, no aspecto científico, traz uma conotação singular para a Simbiose Industrial, o de poder auxiliar os parques industriais em desenvolvimento no processo de atingirem um estágio de desenvolvimento pleno com sustentabilidade.

Contribui no aspecto interdisciplinar pois realiza uma abordagem que integra conhecimentos da engenharia de produção com diferentes áreas como a gestão ambiental, economia, e gestão pública. O trabalho resulta em um produto, uma proposta acadêmica para apoio à implementação de iniciativas da Simbiose Industrial para parques em desenvolvimento, com base no estudo de caso do Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria.

Esse produto contribui para estimular parcerias acadêmicas e novas pesquisas quando propõe um grupo de estudos em SI específico nas atividades do Parque Industrial. Outro aspecto é a divulgação por meio desta tese e dos trabalhos oriundos desta, compartilhando os resultados e assim contribuindo para a disseminação do conhecimento no tema Ecologia Industrial e Simbiose Industrial.

6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta seção divide-se em duas subseções, a subseção 6.1 traz as conclusões da pesquisa retomando e apresentado respostas quanto ao problema de pesquisa, ao cumprimento dos objetivo e aceitação das premissas. Já a subseção 6.2 remete as considerações finais realizando o fechamento do trabalho e apresentando as limitações e sugestões de trabalhos futuros.

6.1 CONCLUSÕES

Esta tese apontou para o seguinte problema de pesquisa: Como implementar a Simbiose Industrial em parques industriais em fase de desenvolvimento? E trouxe como objetivo propor iniciativas para apoiar à implementação de Simbiose Industrial em parques industriais em fase de desenvolvimento.

Neste sentido, o caso do Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria foi analisado. Destaca-se inicialmente o não conhecimento do termo/ conceito Simbiose Industrial pelos participantes da pesquisa. Para apoiar a implementação da SI foram sugeridas três iniciativas pontuais como forma de fazer frente as barreiras para a implementação da Simbiose Industrial em parques em desenvolvimento. A primeira busca superar o desafio econômico e de confiança para a inserção de negócios voltados ao uso ou reuso de resíduos. Se refere a uma política pública de inserção de um espaço compartilhado para servir de elo entre fornecedores e usuários de subprodutos. A segunda iniciativa é da inserção de uma central de sustentabilidade enfrentando o problema do desconhecimento quanto ao compartilhamento das sobras dos processos industriais, aproximando o campo científico e empresarial. A terceira propõe um complemento na estratégia do governo local. Incorporar as ações de busca ativa por novos investidores e empreendedores no parque com base nas necessidades das empresas residentes no que se refere a gestão de resíduos e a incorporação no processo produtivo de materiais de reuso ou reciclados.

A implementação foi tratada nesta tese com a inserção das iniciativas propostas para o apoio à Simbiose Industrial, estas podem promover a expansão das atividades e de negócios nos parques industriais em desenvolvimento por meio da criação de relações colaborativas ou formação redes sinérgicas para a valorização ou redução do custo de descarte dos resíduos, na geração de benefícios socioeconômicos coletivos, na inserção de novos empreendimentos ambientalmente amigáveis e na

redução do impacto ambiental das atividades operacionais. Essas abordagens visam otimizar o uso de recursos, reduzir resíduos e minimizar o impacto ambiental das atividades industriais.

Foram estabelecidas três premissas com base na questão problema, a primeira premissa afirma que o desenvolvimento de parques industriais pode impulsionar o crescimento econômico de uma região, a segunda afirma que é possível identificar relacionamentos de precursores ou de Simbiose Industrial nos parques e a terceira afirma que a Simbiose Industrial contribui para o crescimento sustentável do parque. Na pesquisa são encontrados argumentos que possibilitam a aceitação dos três pressupostos. Isso porque, a expansão em número de atividades ou empresas, especialmente nos parques em desenvolvimento, permite a ocupação de espaços ociosos e que já foram fonte de recursos públicos para sua criação, este é um dos motivos para que este espaço não seja subutilizado. Ainda, cumprindo a sua finalidade, irá oportunizar a criação de renda e empregos, a melhoria da infraestrutura e maior arrecadação para o município.

No que se refere a Simbiose Industrial, o estudo apresentou três relacionamentos unilaterais, e identifica projetos em andamento para pelo menos mais dois relacionamentos. Aliados a estes projetos em destaque, ao todo, a presente tese ilustra a possibilidade de 16 compartilhamentos de resíduos, seja com o uso e reuso direto ou com a inclusão de indústrias de transformação como recicladoras, beneficiadoras, e um biodigestor. Foram identificadas 11 possibilidades de novos negócios associados ao tratamento dos resíduos existentes no Parque.

A contribuição da Simbiose Industrial para os parques em desenvolvimento, foi identificada em termos quantitativos, com o estudo dos impactos da inserção de uma recicladora no Parque utilizado como estudo de caso da pesquisa. Ao avaliar o impacto social, foi possível identificar a potencial geração empregos e renda, contribuição da arrecadação do município, e uma redução nos impactos ambientais, especialmente relacionados à redução de CO₂, uma diminuição no consumo de energia e consumo de água. Essas melhorias são atribuídas ao aumento da coleta de resíduos destinados ao processo de reciclagem.

No que diz respeito à análise financeira, foram projetados dois cenários. No primeiro cenário, que envolve a doação onerosa do lote em função do montante de investimento inicial os dados desencorajam futuros investidores, especialmente, em função do tempo de retorno do capital investido e do risco de mais de 20% do VPL e da TIR não se concretizarem não se concretizarem. No segundo cenário, que envolve a residência da indústria em um coworking, uma iniciativa para promover a Simbiose Industrial no Parque, o investimento passa a ser interessante, não apenas por ter 99% de probabilidade de acontecer, mas também pelos indicadores apresentados, a TIR por

exemplo, quase triplica (de 11% para 29%). Após 5 anos, além do valor inicial ter retornado, o VPL representa 63% do valor investido. A única consideração negativa pode ser o tempo de retorno que fica em torno de 4,7 anos. Contudo, o tempo de locação proposto no coworking é de 5 anos, com prorrogação de mais 2,5 anos, o que pode ser um fator que estimule o investimento.

A busca pela formação de redes de simbiose não deve ser a única abordagem para os parques em desenvolvimento, contudo conforme demonstrado neste trabalho pesquisa pode ser uma forma de atrair empresas e auxiliar as indústrias locais. Pode-se concluir que as atividades avaliadas, juntamente com os projetos em curso, aliado com o apoio político e institucional constituem um cenário promissor para o desenvolvimento de redes de simbiose no Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria.

6.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proximidade entre as indústrias, aglomeradas em zonas ou parques industriais tem potencial para o encontro de alternativas para minimizar a extração dos recursos naturais sem perda da essência industrial (transformação de matérias-primas). Ao mesmo tempo são locais propícios ao desenvolvimento de redes simbióticas. Essas redes potencializam o desenvolvimento sustentável e propiciam o surgimento de novos negócios e setores nos parques industrial em desenvolvimento.

O fato é que desafios de cunho cultural são os mais evidenciados, a gestão ambiental reativa trava o processo, e por isso necessita estímulo para a conscientização dos benefícios do processo de cooperação entre organizações. A superação deste problema perpassa pelo sucesso das políticas de incentivo, e do sucesso de acordos bilaterais. Além disso, a ênfase na cooperação e na troca de conhecimentos, tecnologias e recursos, premissas básicas da Simbiose Industrial, dentro desses parques industriais fortalece a competitividade das empresas. Os parques industriais não são apenas locais de produção, mas também incubadoras de inovação, com potencial para gerar uma série de novos negócios, setores e indústrias. Contudo, um parque em desenvolvimento, que subutiliza sua capacidade produtiva não cumpre com a finalidade inicial da sua criação e pode não retornar a sociedade o valor investido, ou pelo menos a promessa de entrega.

A implementação de um modelo de Simbiose Industrial, com iniciativas que busquem enfrentar as barreiras pré-existentes, auxiliam o desenvolvimento uma vez que as empresas visualizam benefícios na implantação de suas plantas no local. Isso porque os setores e negócios podem ser atraídos em função da presença de indústrias de reciclagem e de empresas que reusem

resíduos disponíveis no local ou nas proximidades do Parque. Ou ainda, pela política de sustentabilidade do Parque. Neste último aspecto, em virtude das mudanças climáticas, governos de vários países discutem como financiar o desenvolvimento sustentável, e as empresas estão incluídas neste cenário. Países em desenvolvimento, como o Brasil, são potenciais recebedores de investimentos internacionais. A disseminação de uma cultura de sinergia e ambientalmente amigável com soluções para resíduos no próprio ambiente é um fator de atração de mais negócios. Por isso, é importante priorizar indústrias com práticas ambientais corretas e que tenham a possibilidade de complementar as necessidades das indústrias existentes, indústrias que forneçam tecnologias limpas, além das empresas especializadas em reciclagem.

Este trabalho demonstrou como a Simbiose Industrial pode ser utilizada como uma abordagem para o desenvolvimento pleno de parques industriais em desenvolvimento, como o case apresentado do Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria. Apresentou as possibilidades de trocas já existentes e as que podem surgir com a inserção de empresas especializadas em reuso e transformação de resíduos. Demonstrou que a inclusão de uma recicladora de plásticos é viável economicamente e traz benefícios sócio ambientais.

Dentre as limitações do estudo, cita-se as que são próprias do método de pesquisa utilizado, assim, os resultados não podem ser generalizados, a não ser no aspecto teórico. As conclusões são pertinentes ao local de estudo, e são fundamentadas especialmente pelas entrevistas e na literatura estudada. As limitações referentes ao acesso à empresa, quantitativo de participantes nas entrevistas justificadas, em parte, pelo momento da realização da pesquisa de campo coincidir com o período da Pandemia da Covid 19, sendo 2021/2022 um período de restrições sociais, e em parte, pela falta de interesse das empresas em participar de pesquisas acadêmicas. A limitação referente à disponibilidade de dados atuais e completos referente às empresas residentes no Parque por parte do órgão de gestão do parque. Estes dados precisaram ser revistos com observação local, e entrevistas às empresas e ao próprio governo local.

Sugere-se, para complementar a pesquisa: A) uma análise comparativa dos benefícios econômicos entre a aquisição individual de placas solares e a aquisição coletiva por meio de consórcio de empresas. B) avaliação econômica e o impacto socioambiental das possíveis redes formadas e C) modelo de acompanhamento da formação e gestão da Simbiose Industrial no Parque Industrial e Tecnológico de Santa Maria. D) A validação da pesquisa em outros parques que podem ser classificados como em desenvolvimento.

REFERÊNCIAS

- ABIPET. **Associação Brasileira da Indústria do PET**. 2022. Disponível em: <https://abipet.org.br/>. Acesso em: 5 fev. 2023.
- ABIPLAST. **Perfil 2017**. 2017. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil-2017/>. Acesso em: 9 maio. 2023.
- ABIPLAST. **Dia da reciclegm: O desafio da destinação correta de resíduos**. 2019. Disponível em: <https://www.abiplast.org.br/?s=reciclagem>. Acesso em: 9 maio. 2023.
- ABIPLAST. **Produção de plásticos reciclados pós-consumo cresce 14,3% no Brasil**. 2022. Disponível em: <https://www.abiplast.org.br/noticias/producao-de-plasticos-recicladospo-consumo-cresce-143-no-brasil/>. Acesso em: 14 maio. 2023.
- ADESM, Agência de Desenvolvimento de Santa Maria. **Santa Maria em dados**. 2021. Disponível em: <http://santamariaemdados.com.br/5-desenvolvimento/5-3-industria/>. Acesso em: 12 jul. 2021.
- AFSHARI, Hamid; TOSARKANI, Babak Mohamadpour; JABER, Mohamad Y.; SEARCY, Cory. The effect of environmental and social value objectives on optimal design in industrial energy symbiosis: A multi-objective approach. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 158, p. 104825, 2020. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.104825. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344920301464>.
- AGUINIS, Herman; GLAVAS, Ante. What We Know and Don't Know About Corporate Social Responsibility. **Journal of Management**, [S. l.], v. 38, n. 4, p. 932–968, 2012. DOI: 10.1177/0149206311436079. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0149206311436079>.
- AKHTAR, Nadia; BOKHARI, Syed Atif; MARTIN, Michael Alan; SAQIB, Zafeer; KHAN, Muhammad Irfan; MAHMUD, Arif; ZAMAN-UL-HAQ, Muhammad; AMIR, Sarah. Uncovering Barriers for Industrial Symbiosis: Assessing Prospects for Eco-Industrialization through Small and Medium-Sized Enterprises in Developing Regions. **Sustainability**, [S. l.], v. 14, n. 11, p. 6898, 2022. DOI: 10.3390/su14116898. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/11/6898>.
- AL-SALEM, S. M.; LETTIERI, P.; BAEYENS, J. Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review. **Waste Management**, [S. l.], v. 29, n. 10, p. 2625–2643, 2009. DOI: 10.1016/j.wasman.2009.06.004. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X09002190>.
- AL AHBABI, Al Reem; NOBANE, Haitham. Conceptual Building of Sustainable Financial Management & Sustainable Financial Growth. **SSRN Electronic Journal**, [S. l.], 2019. DOI: 10.2139/ssrn.3472313. Disponível em: <https://www.ssrn.com/abstract=3472313>.
- ALBINO, Vito; FRACCASCIA, Luca; GIANNOCARO, Ilaria. Exploring the role of contracts to support the emergence of self-organized industrial symbiosis networks: An agent-based simulation study. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 112, p. 4353–4366, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.06.070. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.070>.
- ALI, Waris; FRYNAS, Jędrzej George; MAHMOOD, Zeeshan. Determinants of Corporate Social Responsibility (CSR) Disclosure in Developed and Developing Countries: A Literature Review. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 273–294, 2017. DOI: 10.1002/csr.1410. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/csr.1410>.
- ALIX-GARCIA, Jennifer; MCINTOSH, Craig; SIMS, Katharine R. E.; WELCH, Jarrod R. The

Ecological Footprint of Poverty Alleviation: Evidence from Mexico's Oportunidades Program. **Review of Economics and Statistics**, [S. l.], v. 95, n. 2, p. 417–435, 2013. DOI: 10.1162/REST_a_00349. Disponível em: <https://direct.mit.edu/rest/article/95/2/417-435/58096>.

ALLENBY, Brad. Earth Systems Engineering and Management: A Manifesto. **Environmental Science & Technology**, [S. l.], v. 41, n. 23, p. 7960–7965, 2007. DOI: 10.1021/es072657r. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es072657r>.

ALMEIDA, Juliana Maria Gonçalves De; GOHR, Cláudia Fabiana; SANTOS, Luciano Costa. Assessing Collaborative Capabilities for Sustainability in Interorganizational Networks. **Sustainability**, [S. l.], v. 12, n. 22, p. 9763, 2020. DOI: 10.3390/su12229763. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/22/9763>.

ALMEIDA, Mariana Marques; BASTOS, Pedro Xavier Kopschitz. Proposta de habitação com reuso e reciclagem de materiais e resíduos industriais. **XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, [S. l.], v. 1, n. 1, p. 2522–2532, 2014. DOI: 10.17012/entac2014.457.

AMARAL, Mariana Correa Do. **Reaproveitamento e Reciclagem Têxtil no Brasil: ações e prospecto de triagem de resíduos para pequenos geradores**. 2016. Universidade de São Paulo, [S. l.], 2016.

ANDERSEN, M.; PANOSETTI, C.; REUTER, K. A practical guide to surface kinetic Monte Carlo Simulations. *Frontiers in Chemistry*, v. 7, p. 202, 2019.

ARENA, Umberto; MASTELLONE, Maria Laura; PERUGINI, Floriana. Life cycle assessment of a plastic packaging recycling system. **International Journal of Life Cycle Assessment**, [S. l.], v. 8, n. 2, p. 92–98, 2003. DOI: 10.1007/BF02978432.

ASSEMBLEIA LEGISLATIVA DO RIO GRANDE DO SUL. **Comissão especial dos distritos industriais - Rio Grande do Sul e os distritos industriais** Porto Alegre, 1970. Disponível em: <http://www2.al.rs.gov.br/biblioteca/LinkClick.aspx?fileticket=1XEMl3vizPE%3D&tabid=5640>.

ASSIM - ASSOCIAÇÃO INDÚSTRIA EM MOVIMENTO. **Empresas do Parque Industrial de Santa Maria realizam investimentos e projetam melhorias em seus processos** Santa Maria, 2022. Disponível em: <https://www.facebook.com/photo?fbid=200815609111083&set=pcb.200815705777740>. Acesso em 05/05/2022.

AUDY, Jorge Luiz Nicolas. **Dos parques científicos e tecnológicos aos ecossistemas de inovação [Recurso eletrônico on-line]** : Desenvolvimento social e econômico na sociedade do conhecimento. Brasília, DF : ANPROTEC, 2016. Disponível em: www.anprotec.org.br/site/menu/publicacoes-2/e-books/.

AYDIN, Serhat; KAHRAMAN, Cengiz; KABAK, Mehmet. Evaluation of investment alternatives using present value analysis with simplified neutrosophic sets. **Engineering Economics**, [S. l.], v. 29, n. 3, p. 254–263, 2018. DOI: 10.5755/j01.ee.29.3.19392.

B3 -BRASIL. **Curto, médio e longo**: o que são os prazos dos investimentos e como defini-los. 2023. Disponível em: <https://borainvestir.b3.com.br/objetivos-financeiros/investir-melhor/curto-medio-e-longo-o-que-sao-os-prazos-dos-investimentos-e-como-defini-los/>. Acesso em: 15 mar. 2023.

BAAH, Charles; OPOKU-AGYEMAN, Douglas; ACQUAH, Innocent Senyo Kwasi; AGYABENG-MENSAH, Yaw; AFUM, Ebenezer; FAIBIL, Daniel; ABDOULAYE, Farid Abdel Moro. Examining the correlations between stakeholder pressures, green production practices, firm

reputation, environmental and financial performance: Evidence from manufacturing SMEs.

Sustainable Production and Consumption, [S. l.], v. 27, p. 100–114, 2021. DOI: 10.1016/j.spc.2020.10.015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.015>.

BAAH, Charles; OPOKU-AGYEMAN, Douglas; ACQUAH, Innocent Senyo Kwasi; ISSAU, Kassimu; MORO ABDOULAYE, Farid Abdel. Understanding the influence of environmental production practices on firm performance: a proactive versus reactive approach. **Journal of Manufacturing Technology Management**, [S. l.], 2020. DOI: 10.1108/JMTM-05-2020-0195.

BAAS, L. ...; BOONS, F. ... An industrial ecology project in practice: exploring the boundaries of decision-making levels in regional industrial systems. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 12, n. 8–10, p. 1073–1085, 2004. DOI: 10.1016/j.jclepro.2004.02.005. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095965260400071X>.

BACUDIO, Lindley R. et al. Analyzing barriers to implementing industrial symbiosis networks using DEMATEL. **Sustainable Production and Consumption**, [S. l.], v. 7, p. 57–65, 2016. DOI: 10.1016/j.spc.2016.03.001. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352550916000117>.

BANSAL, Pratima; MCKNIGHT, Brent. Looking forward, pushing back and peering sideways: Analyzing the sustainability of industrial symbiosis. **Journal of Supply Chain Management**, [S. l.], v. 45, n. 4, p. 26–37, 2009. DOI: 10.1111/j.1745-493X.2009.03174.x. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1745-493X.2009.03174.x>.

BATAGLIA, Marcos Jorge; COSTA, Silvio Luiz; GALVAO JUNIOR, Lourival da Cruz. Zoneamento industrial e governança territorial: Análise temporal da expansão da indústria farmacêutica do município de Itapevi/ SP. *Latin American Journal of Business Management*, v. 14, n. 1, 135-155, 2023.

BATAINEH, Khaled M. Life-Cycle Assessment of Recycling Postconsumer High-Density Polyethylene and Polyethylene Terephthalate. **Advances in Civil Engineering**, [S. l.], v. 2020, p. 1–15, 2020. DOI: 10.1155/2020/8905431. Disponível em: <https://www.hindawi.com/journals/ace/2020/8905431/>.

BATISTA, Amanda Marina Lima; SCHARDOSIN, Fernando Zatt; BIER, Clerilei Aparecida; DE ROLT, Carlos Roberto; LAUTERT, Henrique Fell; DAROLD, Denilton Luiz. A Technological Alternative for Solid Waste Utilization with a Emphasis on Closed Production Cycles in Circular Economy. **2020 International Conference on Technology and Entrepreneurship - Virtual, ICTE-V 2020**, [S. l.], 2020. DOI: 10.1109/ICTE-V50708.2020.9114371.

BAUGHN, C. Christopher; (DUSTY) BODIE, Nancy L.; MCINTOSH, John C. Corporate social and environmental responsibility in Asian countries and other geographical regions. **Corporate Social Responsibility and Environmental Management**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 189–205, 2007. DOI: 10.1002/csr.160. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/csr.160>.

BAUMGARTNER, Rupert J.; RAUTER, Romana. Strategic perspectives of corporate sustainability management to develop a sustainable organization. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 140, p. 81–92, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.04.146. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.146>.

BEERS, Dick; BOSSILKOV, Albena; CORDER, Glen; BERKEL, Rene. Industrial Symbiosis in the Australian Minerals Industry: The Cases of Kwinana and Gladstone. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 55–72, 2008. DOI: 10.1162/jiec.2007.1161. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1162/jiec.2007.1161>.

- BELLANTUONO, Nicola; CARBONARA, Nunzia; PONTRANDOLFO, Pierpaolo. The organization of eco-industrial parks and their sustainable practices. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 161, p. 362–375, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.05.082. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652617310144>.
- BERAWI, Mohammed Ali. The Role of Industry 4.0 in Achieving Sustainable Development Goals. **International Journal of Technology**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 644, 2019. DOI: 10.14716/ijtech.v10i4.3341. Disponível em: <http://ijtech.eng.ui.ac.id/article/view/3341>.
- BLANK, Leland; TARQUIN, Anthony. **Engenharia Econômica**. AMGH: Porto Alegre, 2011.
- BOCKEN, N. M. P.; RANA, P.; SHORT, S. W. Value mapping for sustainable business thinking. **Journal of Industrial and Production Engineering**, [S. l.], v. 32, n. 1, p. 67–81, 2015. DOI: 10.1080/21681015.2014.1000399. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21681015.2014.1000399>.
- BOCKEN, N. M. P.; SHORT, S. W.; RANA, P.; EVANS, S. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 65, n. 4, p. 42–56, 2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.11.039. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652613008032>.
- BOCKEN, Nancy M. P.; RITALA, Paavo; HUOTARI, Pontus. The Circular Economy: Exploring the Introduction of the Concept Among S&P 500 Firms. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. 487–490, 2017. DOI: 10.1111/jiec.12605. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12605>.
- BOIX, Marianne; MONTASTRUC, Ludovic; AZZARO-PANTEL, Catherine; DOMENECH, Serge. Optimization methods applied to the design of eco-industrial parks: a literature review. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 87, p. 303–317, 2015. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.09.032. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652614009627>.
- BOLSA DE RECICLAVEIS. **Bolsa de recicláveis**. 2023. Disponível em: <https://www.bolsadereciclaveis.org.br/Inicial>. Acesso em: 24 maio. 2023.
- BOOM-CÁRCAMO, Efrain; PEÑABAENA-NIEBLES, Rita. Analysis of the Development of Industrial Symbiosis in Emerging and Frontier Market Countries: Barriers and Drivers. **Sustainability**, [S. l.], v. 14, n. 7, p. 4223, 2022. DOI: 10.3390/su14074223. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/7/4223>.
- BOONS, Frank; CHERTOW, Marian; PARK, Jooyoung; SPEKKINK, Wouter; SHI, Han. Industrial Symbiosis Dynamics and the Problem of Equivalence: Proposal for a Comparative Framework. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 21, n. 4, p. 938–952, 2017. DOI: 10.1111/jiec.12468. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/jiec.12468>.
- BOONS, Frank; LÜDEKE-FREUND, Florian. Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 45, p. 9–19, 2013. DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.07.007. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652612003459>.
- BORTOLON, Brenda; MENDES, Marisa Schmitt Siqueira. A importância da Educação Ambiental para o alcance da Sustentabilidade. **Revista Elêtrônica de Iniciação Científica**, [S. l.], v. 5, p. 118–136, 2014.
- BRASIL. Instrução Normativa RFB 1.700 de 14 de março de 2017. Disponível em:

http://normas.receita.fazenda.gov.br/sijut2consulta/link.action?naoPublicado=&idAto=81268&visa_o=compilado. Acesso em: 5 mar. 2023.

BRASIL. **Lei 14.133 de 01 abril de 2021. Lei de licitações e contratos administrativos**. 2021.

Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2021/Lei/L14133.htm#art193. Acesso em: 30 jun. 2022.

BRASIL. **Decreto nº 10.936 de 12 de janeiro de 2022. Regulamenta a política nacional de resíduos sólidos**. 2022. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/decreto/D10936.htm. Acesso em: 28 jun. 2022.

BRASIL NATIONAL GEOGRAPHIC. **Porque a reciclagem é importante?** 2022. Disponível em: <https://www.nationalgeographicbrasil.com/meio-ambiente/2022/05/por-que-a-reciclagem-e-importante-5-fatos-que-voce-precisa-saber>. Acesso em: 9 maio. 2023.

BRIGHAM, E. F.; HOUSTON, J. F. **Fundamentos da moderna administração financeira**. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

BRUNDTLAND, B. H. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**Oxford University Press, , 1987.

BUSSAB, Wilton O.; MORETTIN, Pedro A. **Estatística básica**. São Paulo: Saraiva, 2017.

BUTTURI, M. A.; LOLLI, F.; SELBITTO, M. A.; BALUGANI, E.; GAMBERINI, R.; RIMINI, B. Renewable energy in eco-industrial parks and urban-industrial symbiosis: A literature review and a conceptual synthesis. **Applied Energy**, [S. l.], v. 255, n. June, p. 113825, 2019. DOI: 10.1016/j.apenergy.2019.113825. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113825>.

CAIADO, Rodrigo Goyannes Gusmão; LEAL FILHO, Walter; QUELHAS, Osvaldo Luiz Gonçalves; LUIZ DE MATTOS NASCIMENTO, Daniel; ÁVILA, Lucas Veigas. A literature-based review on potentials and constraints in the implementation of the sustainable development goals. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 198, p. 1276–1288, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.102.

CALDAS, Lucas Rosse. Bioeconomia circular e mudanças climáticas: Avaliação da pegada de carbono de paletes de madeira reutilizados. **MIX Sustentável**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 27–40, 2021. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2021.v7.n2.27-40. Disponível em: <http://ojs.sites.ufsc.br/index.php/mixsustentavel/article/view/4039>.

CAMPAROTTI, Carlos E. S. **Análise da simbiose industrial por meio da simulação baseada em agentes: Aplicação no setor agroindustrial**. 2020. Universidade Federal de São Carlos, [S. l.], 2020.

CAMPOS, T. R. T.; FONSECA, M. V. A.; MORAIS, R. M. N. Reverse logistics: A route that only makes sense when adopting a systemic vision. **WIT Transactions on Ecology and the Environment**, [S. l.], v. 180, p. 41–52, 2014. DOI: 10.2495/WM140041.

CANCHUMANI, Giancarlo Alfonso Lovón. **Óleos lubrificantes usados: um estudo de caso de avaliação de ciclo de vida do sistema de rerrefino no brasil**. 2013. Universidade Federal do Rio de Janeiro, [S. l.], 2013.

CAO, Xin; WEN, Zongguo; ZHAO, Xiaoli; WANG, Yihan; ZHANG, Huairong. Quantitative assessment of energy conservation and emission reduction effects of nationwide industrial symbiosis in China. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 717, p. 137114, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137114. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137114>.

CASAROTTO FILHO, Nelson. **Análise de Investimentos - Manual Para Solução de Problemas e Tomadas de Decisão**. 12^o ed. São Paulo : Atlas, 2019.

CAUCHICK, Paulo Miguel (coord. .. et al. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. Rio de Janeiro : Elsevier, 2018.

CEGLIA, Domenico; ABREU, Mônica Cavalcanti Sá De; DA SILVA FILHO, José Carlos Lázaro. Critical elements for eco-retrofitting a conventional industrial park: Social barriers to be overcome. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 187, p. 375–383, 2017. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.10.064.

CERCEAU, Juliette; MAT, Nicolas; JUNQUA, Guillaume; LIN, Liming; LAFOREST, Valérie; GONZALEZ, Catherine. Implementing industrial ecology in port cities: international overview of case studies and cross-case analysis. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 74, p. 1–16, 2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.03.050. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652614002819>.

CERVIERI JÚNIOR, Osmar; TEIXEIRA JUNIOR, Job Rodrigues; GALINARI, Rangel; RAWET, Eduardo Lederman; SILVEIRA, Carlos Takashi Jardim. O Setor de Bebidas no Brasil. **Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social**, [S. l.], v. 40, p. 93–129, 2014. DOI: ISSN 1414-9230. Disponível em: http://www.mzweb.com.br/cremer/web/conteudo_pt.asp?idioma=0&tipo=15684&conta=28.

CHEN, An; SONG, Yuyan; ANGGRAENI, Kartika. Promoting industrial symbiosis in China's industrial parks as a circular economy strategy. *In: The Circular Economy and the Global South*. London: Routledge, 2019. p. 238.

CHEN, Xudong; FUJITA, Tsuyoshi; OHNISHI, Satoshi; FUJII, Minoru; GENG, Yong. The Impact of Scale, Recycling Boundary, and Type of Waste on Symbiosis and Recycling. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 129–141, 2012. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00422.x. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1530-9290.2011.00422.x>.

CHEN, Xudong; XI, Fengming; GENG, Yong; FUJITA, Tsuyoshi. The potential environmental gains from recycling waste plastics: Simulation of transferring recycling and recovery technologies to Shenyang, China. **Waste Management**, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 168–179, 2011. DOI: 10.1016/j.wasman.2010.08.010. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X10003958>.

CHERTOW, Marian; EHRENFELD, John. Organizing Self-Organizing Systems: Toward a Theory of Industrial Symbiosis. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 13–27, 2012. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00450.x.

CHERTOW, Marian; PARK, Jooyoung. Scholarship and Practice in Industrial Symbiosis: 1989–2014. *In: Taking Stock of Industrial Ecology*. Cham: Springer International Publishing, 2016. p. 87–116. DOI: 10.1007/978-3-319-20571-7_5. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-20571-7_5.

CHERTOW, Marian R. Industrial symbiosis: Literature and taxonomy. **Annual Review of Energy and the Environment**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 313–337, 2000. DOI: 10.1146/annurev.energy.25.1.313. Disponível em: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.energy.25.1.313>.

CHERTOW, Marian R. “Uncovering” industrial symbiosis. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. 11–30, 2007. DOI: 10.1162/jiec.2007.1110.

- CHERTOW, Marian R.; KANAOKA, Koichi S.; PARK, Jooyoung. Tracking the diffusion of industrial symbiosis scholarship using bibliometrics: Comparing across Web of Science, Scopus, and Google Scholar. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 25, n. 4, p. 913–931, 2021. DOI: 10.1111/jiec.13099. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.13099>.
- CHESTER, Mikhail V. Industrial ecology in support of climate change adaptation. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 271–275, 2020. DOI: 10.1111/jiec.13006.
- CHMIELOWSKI, Krzysztof et al. Use of Shredded Recycled Plastic as Filter Bed Packing in a Vertical Flow Filter for Onsite Wastewater Treatment Plants: Preliminary Findings. **Sustainability**, [S. l.], v. 15, n. 3, p. 1883, 2023. DOI: 10.3390/su15031883. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/3/1883>.
- COFIP RS - COMITÊ DE FOMENTO INDUSTRIAL DO POLO. **Distrito - Polo Industrial de Montenegro**. 2023. Disponível em: <http://cofiprs.com.br/distrito-polo-industrial-de-montenegro-11>. Acesso em: 14 maio. 2023.
- COLPO, Iliane; FUNCK, Vagner Mateus; MARTINS, Mario Eduardo Santos. Waste Management in Craft Beer Production: Study of Industrial Symbiosis in the Southern Brazilian Context. **Environmental Engineering Science**, [S. l.], v. 39, n. 5, p. 418–430, 2022. DOI: 10.1089/ees.2021.0193. Disponível em: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ees.2021.0193>.
- COLPO, Iliane; MARTINS, Mario Eduardo Santos; BUZUKU, Shqipe; SELBITTO, Miguel Afonso. Industrial symbiosis in Brazil: A systematic literature review. **Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy**, [S. l.], v. 40, n. 10, p. 1462–1479, 2022. DOI: 10.1177/0734242X221084065. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X221084065>.
- CORSINI, Filippo; DE BERNARDI, Chiara; FREY, Marco. Industrial symbiosis as a business strategy for the circular economy: identifying regional firms' profiles and barriers to their adoption. **Journal of Environmental Planning and Management**, [S. l.], p. 1–21, 2023. DOI: 10.1080/09640568.2022.2154201. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09640568.2022.2154201>.
- COSTA, Marcio Macedo; SCHAEFFER, Roberto. Energy and materials savings from gases and solid waste recovery in the iron and steel industry in Brazil: An industrial ecology approach. **Proceedings ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry**, [S. l.], p. 147–156, 1997.
- CURTIS, Steven Kane; MONT, Oksana. Sharing economy business models for sustainability. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 266, p. 121519, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121519. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652620315663>.
- DAS, Sourav Kumar; ESHKALAK, Saeideh Kholghi; CHINNAPPAN, Amutha; GHOSH, Rituparna; JAYATHILAKA, W. A. D. M.; BASKAR, Chinnappan; RAMAKRISHNA, Seeram. Plastic Recycling of Polyethylene Terephthalate (PET) and Polyhydroxybutyrate (PHB)—a Comprehensive Review. **Materials Circular Economy**, [S. l.], v. 3, n. 1, p. 9, 2021. DOI: 10.1007/s42824-021-00025-3. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s42824-021-00025-3>.
- DAYEEN, Fazle Rabbi; SHARMA, Abhinav S.; DERRIBLE, Sybil. A text mining analysis of the climate change literature in industrial ecology. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 276–284, 2020. DOI: 10.1111/jiec.12998. Disponível em:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jieec.12998>.

DEMARTINI, Melissa; TONELLI, Flavio; BERTANI, Filippo. Approaching Industrial Symbiosis Through Agent-Based Modeling and System Dynamics. *In: Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing*. Springer ed. [s.l: s.n.]. p. 171–185, 2018. DOI: 10.1007/978-3-319-73751-5_13. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-73751-5_13.

DING, Qian; ZHU, Heping. The Key to Solving Plastic Packaging Wastes: Design for Recycling and Recycling Technology. *Polymers*, [S. l.], v. 15, n. 6, p. 1485, 2023. DOI: 10.3390/polym15061485. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4360/15/6/1485>.

DOMENECH, Teresa; BLEISCHWITZ, Raimund; DORANOVA, Asel; PANAYOTOPOULOS, Dimitris; ROMAN, Laura. Mapping Industrial Symbiosis Development in Europe_ typologies of networks, characteristics, performance and contribution to the Circular Economy. *Resources, Conservation and Recycling*, [S. l.], v. 141, n. September 2018, p. 76–98, 2019. DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.09.016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.09.016>.

DOMENECH, Teresa; DAVIES, Michael. Structure and morphology of industrial symbiosis networks: The case of Kalundborg. *In: PROCEDIA - SOCIAL AND BEHAVIORAL SCIENCES 2011, Anais [...]*. [s.l: s.n.] DOI: 10.1016/j.sbspro.2011.01.011.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P. .; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design science research: método de pesquisa para o avanço da ciência e da tecnologia**. Porto Alegre: Bookmam, 2015.

E-CYCLE. **Garrafa pet**. 2022. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/garrafa-pet/>
<https://www.ecycle.com.br/garrafa-pet/>. Acesso em: 20 jun. 2022.

EDGEMAN, Rick; WU, Zhaohui; LAASCH, Oliver. Operations Management. *In: Laasch, O., R. Conaway (eds.), Principles of Responsible Management: Sustainability, Responsibility, Ethics. A United Nations PRME textbook*. [s.l: s.n.]. p. 299–329, 2013.

EESLEY, Charles; LENOX, Michael J. Firm responses to secondary stakeholder action. *Strategic Management Journal*, [S. l.], v. 27, n. 8, p. 765–781, 2006. DOI: 10.1002/smj.536. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/smj.536>.

EHRENFELD, John R. Industrial ecology: A framework for product and process design. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], v. 5, n. 1–2, p. 87–95, 1997. DOI: 10.1016/S0959-6526(97)00015-2. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652697000152>.

ELABRAS VEIGA, Lilian Bechara. **Diretrizes para a implantação de um parque industrial ecológico: Uma proposta para o PIE de Paracambi, RJ**. 2007. Universidade Federal do Rio de Janeiro, [S. l.], 2007.

ELABRAS VEIGA, Lilian Bechara; MAGRINI, Alessandra. Eco-industrial park development in Rio de Janeiro, Brazil: a tool for sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], v. 17, n. 7, p. 653–661, 2009. DOI: 10.1016/j.jclepro.2008.11.009.

ELABRAS VEIGA, Lilian Bechara; SANTOS, Victoria Emilia Neves. Planejando a criação de parques eco-industriais e simbioses industriais. *In: Ecologia Industrial: Desafios na perspectiva da economia circular*. Rio de Janeiro: Synergia, 2018.

ELMASSAH, Suzanna. Industrial symbiosis within eco-industrial parks: Sustainable development for Borg El-Arab in Egypt. *Business Strategy and the Environment*, [S. l.], v. 27, n. 7, p. 884–892, 2018. DOI: 10.1002/bse.2039. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/bse.2039>.

- EMBRY, Elizabeth. Green Beer: Why small to medium sized enterprises adopt sustainable practices. **Academy of Management Proceedings**, [S. l.], v. 2018, n. 1, p. 17596, 2018. DOI: 10.5465/AMBPP.2018.105. Disponível em: <http://journals.aom.org/doi/10.5465/AMBPP.2018.105>.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Workbook do Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2022**. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes>. Acesso em: 24 maio. 2023.
- ERKMAN, S. Industrial ecology: An historical view. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 5, n. 1–2, p. 1–10, 1997. DOI: 10.1016/s0959-6526(97)00003-6.
- EUROPEAN COMMISSION. **Guidance on the interpretation of key provisions of Directive 2008/98/EC on waste**. 2012. Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/waste/frame-%0Awork/pdf/guidance_doc.pdf%0A. Acesso em: 30 abr. 2022.
- FANG, Xuekun; PYLE, John A.; CHIPPERFIELD, Martyn P.; DANIEL, John S.; PARK, Sunyoung; PRINN, Ronald G. Challenges for the recovery of the ozone layer. **Nature Geoscience**, [S. l.], v. 12, n. 8, p. 592–596, 2019. DOI: 10.1038/s41561-019-0422-7. Disponível em: <http://www.nature.com/articles/s41561-019-0422-7>.
- FARIA, Emília de Oliveira. **Do cluster ao ecossistema industrial: uma análise do comportamento das organizações em direção a um modelo circular de produção sob a lente da Simbiose Industrial**. 2022. Universidade de Brasília, [S. l.], 2022.
- FEDERAL STATISTICAL OFFICE OF GERMANY. **Waste management/Tables. Brief overview waste balance**. 2022. Disponível em: https://www.destatis.de/EN/Home/_node.html. Acesso em: 9 maio. 2023.
- FERRER, Geraldo; CORTEZIA, Sandro; NEUMANN, Jaqueline Morbach. Green City: Environmental and Social Responsibility in an Industrial Cluster. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 142–152, 2012. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00442.x. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1530-9290.2011.00442.x>.
- FLORES, Cristiano; ZANATTA, Jocias Maier; HALBERSTADT, Ismael Alan. O Balanço social como ferramenta de gestão: Proposta de aplicação em metalúrgica do noroeste do Estado do rio Grande do Sul. **Revista Livre de Sustentabilidade e Empreendedorismo**, [S. l.], v. 4, n. 1, p. 88–100, 2023.
- FREITAS, Suzy Magaly Alves Cabral De; SOUSA, Leila Nobrega; DINIZ, Pollyana; MARTINS, Máximo Eleotério; ASSIS, Paulo Santos. Steel slag and iron ore tailings to produce solid brick. **Clean Technologies and Environmental Policy**, [S. l.], v. 20, n. 5, p. 1087–1095, 2018. DOI: 10.1007/s10098-018-1513-7. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10098-018-1513-7>.
- FREITAS, Larissa A. R. U.; MAGRINI, Alessandra. Waste management in industrial construction: Investigating contributions from industrial ecology. **Sustainability (Switzerland)**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. 6–8, 2017. DOI: 10.3390/su9071251.
- FULDAUER, Lena I.; IVES, Matthew C.; ADSHEAD, Daniel; THACKER, Scott; HALL, Jim W. Participatory planning of the future of waste management in small island developing states to deliver on the Sustainable Development Goals. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 223, p. 147–162, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.02.269. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095965261930678X>.
- GARCIA-GUTIERREZ, P.; AMADEI, A. M.; KLENERT, D.; NESSI, S.; TONINI, D.;

TOSCHES, D.; ARDENTE, F.; SAVEYN, H. Environmental and economic assessment of plastic waste recycling: **A comparison of mechanical, physical, chemical recycling and energy recovery of plastic waste** European Commission. Luxembourg, 2023. DOI: 10.2760/0472.

GARCIA, Jeannette M.; ROBERTSON, Megan L. The future of plastics recycling. *Science*, [S. l.], v. 358, n. 6365, p. 870–872, 2017. DOI: 10.1126/science.aaq0324. Disponível em: <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aaq0324>.

GEISSDOERFER, Martin; MORIOKA, Sandra Naomi; DE CARVALHO, Marly Monteiro; EVANS, Steve. Business models and supply chains for the circular economy. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], v. 190, p. 712–721, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.04.159. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652618311867>.

GENG, Yong; SARKIS, Joseph; ULGIATI, Sergio. Pushing the boundaries of scientific research: 120 years of addressing global issues. *Science*, [S. l.], v. 351, n. 6278, p. 1223.3-1223, 2016. DOI: 10.1126/science.351.6278.1223-c. Disponível em: <http://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.351.6278.1223-c>.

GHADERIAN, Abolfazl. Preparation of Rigid Polyurethane Foam from Recycling of PET Waste- Abolfazl- Islamic Azad University. In: ENVIRONMENTAL CHEMISTRY2020 2020, *Anais [...]*. [s.l: s.n.] p. 20–21.

GIANNETTI, B. F.; BONILLA, S. H.; ALMEIDA, C. M. V. B. Developing eco-technologies: A possibility to minimize environmental impact in Southern Brazil. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 361–368, 2004. DOI: 10.1016/S0959-6526(03)00033-7.

GÓES, Matheus Barreto De. Aspectos e impactos ambientais do processo de reutilização de paletes de madeira na fabricação de móveis. *Revista Competitividade e Sustentabilidade*, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 130–139, 2019. DOI: 10.48075/comsus.v6i2.23624.

GOLDSTEIN, Benjamin; NEWELL, Joshua P. Why academics should study the supply chains of individual corporations. *Journal of Industrial Ecology*, [S. l.], v. 23, n. 6, p. 1316–1327, 2019. DOI: 10.1111/jiec.12932. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12932>.

GOOGLE MAPS. **Distrito Industrial de Santa Maria**. 2022. Disponível em: <https://www.google.com/maps/search/distrito+industrial+santa+maria/@-29.6849595,-53.8778729,1248m/data=!3m1!1e3?entry=ttu>. Acesso em: 30 jul. 2022.

GOVERNO DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Distrito Industrial de Cachoeira avança no processo de instalação**. 2017. Disponível em: <https://estado.rs.gov.br/distrito-industrial-de-cachoeira-avanca-no-processo-de-instalacao>. Acesso em: 14 maio. 2023.

GREENSTONE, Michael; HANNA, Rema. Environmental Regulations, Air and Water Pollution, and Infant Mortality in India. *American Economic Review*, [S. l.], v. 104, n. 10, p. 3038–3072, 2014. DOI: 10.1257/aer.104.10.3038. Disponível em: <https://pubs.aeaweb.org/doi/10.1257/aer.104.10.3038>.

GRUMADAITĖ, Kristina; JUCEVIČIUS, Giedrius. Strategic Approaches to the Development of Complex Organisational Ecosystems: The Case of Lithuanian Clusters. *Sustainability*, [S. l.], v. 14, n. 23, p. 15697, 2022. DOI: 10.3390/su142315697. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/23/15697>.

GURGEL, Alexandre Castanhola. **Políticas públicas em espaços organizados: uma análise comparativa dos fatores de competitividade dos distritos industriais do Estado do Rio de Janeiro**. 2020. Universidade Federal do Rio de Janeiro, [S. l.], 2020. Disponível em:

<https://www.ie.ufrj.br/images/IE/PPED/Teses/2020/Tese Alexandre Castanhola.pdf>.

HAAS, Willi; KRAUSMANN, Fridolin; WIEDENHOFER, Dominik; HEINZ, Markus. How circular is the global economy?: An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European union and the world in 2005. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 19, n. 5, p. 765–777, 2015. DOI: 10.1111/jiec.12244.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E. **Multivariate Data Analysis**. 7th Editio ed. New York, 2010.

HAN, Feng; FENG, Zhangcong; WANG, Chao; YANG, Nujie; YANG, Dong; SHI, Feng. Interweaving Industrial Ecology and Ecological Modernization: A Comparative Bibliometric Analysis. **Sustainability**, [S. l.], v. 13, n. 17, p. 9673, 2021. DOI: 10.3390/su13179673. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/17/9673>.

HENRIQUES, Juan; FERRÃO, Paulo; CASTRO, Rui; AZEVEDO, João. Industrial Symbiosis: A Sectoral Analysis on Enablers and Barriers. **Sustainability**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 1723, 2021. DOI: 10.3390/su13041723. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/4/1723>.

HERCZEG, Gábor; AKKERMAN, Renzo; HAUSCHILD, Michael Zwicky. Supply chain collaboration in industrial symbiosis networks. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 171, p. 1058–1067, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.10.046. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652617323387>.

HERRERA, Juan P.; BEDOYA-RUIZ, Daniel; HURTADO, Jorge E. Recycled Plastic Lumber walls for one and two-story housing: An assessment of their seismic performance. **Journal of Building Engineering**, [S. l.], v. 65, p. 105822, 2023. DOI: 10.1016/j.jobbe.2023.105822. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352710223000013>.

HIETE, Michael; LUDWIG, Jens; SCHULTMANN, Frank. Intercompany Energy Integration. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 16, n. 5, p. 689–698, 2012. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2012.00462.x. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1530-9290.2012.00462.x>.

HOJI, Masakazu; LUZ, Adão Eleuterio Da. **Gestão financeira e econômica: didática, objetiva e prática**. São Paulo: Atlas, 2019.

HU, Wanqiu; TIAN, Jinping; LI, Xing; CHEN, Lujun. Wastewater treatment system optimization with an industrial symbiosis model: A case study of a Chinese eco-industrial park. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 24, n. 6, p. 1338–1351, 2020. DOI: 10.1111/jiec.13020.

HUANG, Jianping; YU, Haipeng; GUAN, Xiaodan; WANG, Guoyin; GUO, Ruixia. Accelerated dryland expansion under climate change. **Nature Climate Change**, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 166–171, 2016. DOI: 10.1038/nclimate2837. Disponível em: <http://www.nature.com/articles/nclimate2837>.

HUANG, Lufei; ZHEN, Lu; YIN, Linsen. Waste material recycling and exchanging decisions for industrial symbiosis network optimization. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 276, p. 124073, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124073. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124073>.

HUSTED, Bryan W.; SOUSA-FILHO, José Milton De. Board structure and environmental, social, and governance disclosure in Latin America. **Journal of Business Research**, [S. l.], v. 102, p. 220–227, 2019. DOI: 10.1016/j.jbusres.2018.01.017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0148296318300183>.

IASP, International Association of Science Parks and Areas of Innovation. **Our industry - Definitions**, 2023. Disponível em: <https://www.iasp.ws/our-industry/definitions>.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. 2023. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 14 maio. 2023.

INVESTRS. **Distritos e áreas industriais**. 2023. Disponível em: <https://investrs.rs.gov.br/>. Acesso em 05/01/2023.

JATO-ESPINO, Daniel; RUIZ-PUENTE, Carmen. Bringing Facilitated Industrial Symbiosis and Game Theory together to strengthen waste exchange in industrial parks. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 771, p. 145400, 2021. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.145400. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145400>.

JENSEN, Paul D.; BASSON, Lauren; HELLAWELL, Emma E.; BAILEY, Malcolm R.; LEACH, Matthew. Quantifying ‘geographic proximity’: Experiences from the United Kingdom’s National Industrial Symbiosis Programme. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 55, n. 7, p. 703–712, 2011. DOI: 10.1016/j.resconrec.2011.02.003. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344911000243>.

JIA, Shengyong; ZHUANG, Haifeng; HAN, Hongjun; WANG, Fengjun. Application of industrial ecology in water utilization of coal chemical industry: A case study in Erdos, China. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 135, p. 20–29, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.06.076. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652616307533>.

KENDALL, Alissa; SPANG, Edward S. The role of industrial ecology in food and agriculture’s adaptation to climate change. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 24, n. 2, p. 313–317, 2020. DOI: 10.1111/jiec.12851. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12851>.

KENNEDY, Christopher. The energy embodied in the first and second industrial revolutions. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 24, n. 4, p. 887–898, 2020. DOI: 10.1111/jiec.12994. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12994>.

KHAN, A. The Industrial Revolution and the Demographic Transition. **Business Review**, [S. l.], v. 1, p. 9–15, 2008.

KOČÍ, Vladimír; ROCHA, Joana Lapao; ZAKUCIOVÁ, Kristína. The concept of Circular Economy applied to CCS, Waste and Wastewater Treatment Technologies. *In: 5TH ANNUAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON SUSTAINABLE ENERGY AND ENVIRONMENTAL SCIENCES (SEES 2016) 2016, Anais [...]. : Global Science & technology Forum (GSTF), 2016.* DOI: 10.5176/2251-189X_SEES16.22. Disponível em: https://www.dropbox.com/s/tfm0g5mtl2fe582/SEES_2016_Proceedings_Paper_14.pdf?dl=0.

KOKOULINA, Liudmila; ERMOLAEVA, Liubov; PATALA, Samuli; RITALA, Paavo. Championing processes and the emergence of industrial symbiosis. **Regional Studies**, [S. l.], v. 53, n. 4, p. 528–539, 2019. DOI: 10.1080/00343404.2018.1473568.

KONAREV, A.; KONSTANTINOVA, Sn. Technological parks in regional entrepreneurship ecosystems. **Trakia Journal of Sciences**, [S. l.], v. 17, n. Suppl.1, p. 165–170, 2019. DOI: 10.15547/tjs.2019.s.01.027. Disponível em: [http://tru.uni-sz.bg/tsj/Volume 17, 2019, Supplement 1, Series Social Sciences/2/za pe4at/27.pdf](http://tru.uni-sz.bg/tsj/Volume%2017,%202019,%20Supplement%201,%20Series%20Social%20Sciences/2/za%20pe4at/27.pdf).

KONRAD, Odorico; GUERINI FILHO, Marildo; LUMI, Marlucci; HASAN, Camila. **Atlas das biomassas do Rio Grande do Sul para produção de biogás e biometano**. Lajeado : Ed. da Univates, 2016.

KORHONEN, Jouni; HONKASALO, Antero; SEPPÄLÄ, Jyri. Circular Economy: The Concept and its Limitations. **Ecological Economics**, [S. l.], v. 143, p. 37–46, 2018. DOI:

10.1016/j.ecolecon.2017.06.041. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2017.06.041>.

KORHONEN, Jouni; SAVOLAINEN, Ilkka; OHLSTRÖM, Mikael. Applications of the industrial ecology concept in a research project: Technology and Climate Change (CLIMTECH) Research in Finland. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 12, n. 8–10, p. 1087–1097, 2004. DOI: 10.1016/j.jclepro.2004.02.007. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652604000733>.

KOSHTI, Rupali; MEHTA, Linchon; SAMARTH, Nikesh. Biological Recycling of Polyethylene Terephthalate: A Mini-Review. **Journal of Polymers and the Environment**, [S. l.], v. 26, n. 8, p. 3520–3529, 2018. DOI: 10.1007/s10924-018-1214-7. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10924-018-1214-7>.

KRAVCHENKO, Grégory Adad; PASQUALETTO, Antônio; FERREIRA, Evaldo de Melo. Aplicação de princípios da ecologia industrial nas empresas moveleiras de Goiás. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 283–294, 2016. DOI: 10.1590/s1413-41522016139073. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522016000200283&lng=pt&tlng=pt.

KRISTENSEN, Heidi Simone; MOSGAARD, Mette Alberg. A review of micro level indicators for a circular economy – moving away from the three dimensions of sustainability? **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 243, p. 118531, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118531. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118531>.

KUMAR MITTAL, Varinder; SINGH SANGWAN, Kuldip. Assessment of hierarchy and inter-relationships of barriers to environmentally conscious manufacturing adoption. **World Journal of Science, Technology and Sustainable Development**, [S. l.], v. 10, n. 4, p. 297–307, 2013. DOI: 10.1108/wjstsd-04-2013-0020.

LAMMA, Osama Asanousi. The impact of recycling in preserving the environment. **International Journal of Applied Research**, [S. l.], v. 7, n. 11, p. 297–302, 2021.

LANGE, Kasper; KOREVAAR, Gijsbert; OSKAM, Inge; HERDER, Paulien. Developing and Understanding Design Interventions in Relation to Industrial Symbiosis Dynamics. **Sustainability**, [S. l.], v. 9, n. 5, p. 826, 2017. DOI: 10.3390/su9050826. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2071-1050/9/5/826>.

LAWAL, Musa; WAN ALWI, Sharifah Rafidah; MANAN, Zainuddin Abdul; HO, Wai Shin. Industrial symbiosis tools—A review. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 280, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124327.

LE TELLIER, Mathilde; BERRAH, Lamia; AUDY, Jean-François; STUTZ, Benoit; BARNABÉ, Simon. A sustainability assessment model for industrial parks: A Choquet integral aggregation approach. **Journal of Environmental Management**, [S. l.], v. 316, p. 115165, 2022. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.115165. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0301479722007381>.

LEE, Roh Pin; REINHARDT, Ronny; KELLER, Florian; GURTNER, Sebastian; SCHIFFER, Lutz. A raw materials transition for a low-carbon economy: challenges and opportunities for management in addressing the trilemma of competitiveness, supply security and sustainability. In: **Managing Natural Resources**. [s.l.] : Edward Elgar Publishing, 2018. p. 61–87. DOI: 10.4337/9781786435729.00012. Disponível em: <https://www.elgaronline.com/view/9781786435712.00012.xml>.

- LIEDER, Michael; RASHID, Amir. Towards circular economy implementation: A comprehensive review in context of manufacturing industry. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 115, p. 36–51, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.12.042. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>.
- LIM, Jonghun; AHN, Yuchan; KIM, Junghwan. Optimal sorting and recycling of plastic waste as a renewable energy resource considering economic feasibility and environmental pollution. **Process Safety and Environmental Protection**, [S. l.], v. 169, p. 685–696, 2023. DOI: 10.1016/j.psep.2022.11.027. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095758202200979X>.
- LIMA JUNIOR, O. F.; RUTKOWSKI, E. W.; CARVALHO, C. C.; LIMA, J. C. F. Sustainable Logistics Platform in a Regional Brazilian Airport. **International Journal of Sustainable Development and Planning**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. 163–174, 2010. DOI: 10.2495/SDP-V5-N2-163.
- LIMA, Luanda; TRINDADE, Emanuely; ALENCAR, Luciana; ALENCAR, Marcelo; SILVA, Luna. Sustainability in the construction industry: A systematic review of the literature. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 289, p. 125730, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125730. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652620357760>.
- LIU, Zhe; ASHTON, Weslyne S.; ADAMS, Michelle; WANG, Qing; COTE, Raymond P.; WALKER, Tony R.; SUN, Lu; LOWITT, Peter. Diversity in financing and implementation pathways for industrial symbiosis across the globe. **Environment, Development and Sustainability**, [S. l.], v. 25, n. 1, p. 960–978, 2023. DOI: 10.1007/s10668-021-02086-5. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10668-021-02086-5>.
- LOMBARDI, D. Rachel; LAYBOURN, Peter. Redefining Industrial Symbiosis: Crossing Academic-Practitioner Boundaries. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 16, n. 1, p. 28–37, 2012. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2011.00444.x.
- LOWE, Ernest A. Creating by-product resource exchanges: Strategies for eco-industrial parks. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 5, n. 1–2, p. 57–65, 1997. DOI: 10.1016/S0959-6526(97)00017-6. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652697000176>.
- LUCAS, Maria Raquel; SOUSA, Kleber Abreu; RAMOS, Isabel Joaquina; REGO, Conceição. Desenvolvimento Sustentável, Economia Circular e Educação Empreendedora. In: JR., Gilson Pôrto; (ORGANIZADOR) (org.). **Pesquisa em inovação: Múltiplos olhares rumo a convergência formativa**. EDUFT ed. Palmas. p. 13–30, 2019.
- LYBAEK, Rikke; CHRISTENSEN, Thomas Budde; THOMSEN, Tobias Pape. Enhancing policies for deployment of Industrial symbiosis – What are the obstacles, drivers and future way forward? **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 280, p. 124351, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124351. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124351>.
- MACEDO, Indira Maria Estolano; SOUZA, Michely Duarte Leal Coutinho De; SHINOHARA, Neide Kazue Sakugawa; SANTOS, Carolyn Santana Dos; SILVA, Maria Karollyna Gomes Da. Reciclagem do Polietileno Tereftalato (PET) no fomento da economia circular. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 8, p. 57704–57723, 2020. DOI: 10.34117/bjdv6n8-252. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BRJD/article/view/14939/12338>.
- MACHADO, Pollyana; SILVA, Naiara. Modelos de balanço social no Brasil: um estudo comparativo. **REASU - Revista Eletrônica de Administração da Universidade Santa Úrsula**, [S. l.], v. 5, n. 1, 2020.

- MACHADO, Raiane R.; CONCEIÇÃO, Samuel V.; LEITE, Hélio G.; DE SOUZA, Agostinho L. D.; WOLFF, Eliane. Evaluation of forest growth and carbon stock in forestry projects by system dynamics. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 96, p. 520–530, 2015. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.09.049. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.09.049>.
- MAFIOLETI, Joseane Parizzi. **Digestão anaeróbia do lodo biológico de uma ETE petroquímica – um estudo de caso**. 2019. Universidade do Vale do Taquari, [S. l.], 2019.
- MAGRINI, Alessandra; ELABRAS VEIGA, Lilian Bechara. **Ecologia Industrial: Desafios na perspectiva da economia circular**. Rio de Janeiro: Synergia, 2018.
- MAGRINI, Alessandra; TRAMA, Cibele Pereira. Planejando a transformação de Distritos Industriais e Parques Eco-Industriais. **Ecologia Industrial: Desafios na perspectiva da economia circular**. Rio de Janeiro: Synergia, 2018
- MAHMOOD, Zeeshan; KOUSER, Rehana; MASUD, Md. Abdul Kaium. An emerging economy perspective on corporate sustainability reporting – main actors’ views on the current state of affairs in Pakistan. **Asian Journal of Sustainability and Social Responsibility**, [S. l.], v. 4, n. 1, 2019. DOI: 10.1186/s41180-019-0027-5.
- MARCONI, Marina de Andrada; LAKATOS, Eva Maria. **Metodologia do trabalho científico: projetos de pesquisa, pesquisa bibliográfica, teses de doutorado, dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso**. São Paulo: Atlas, 2021.
- MARRA, Alessandro; MAZZOCCHITTI, Marialisa; SARRA, Alessandro. Knowledge sharing and scientific cooperation in the design of research-based policies: The case of the circular economy. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 194, p. 800–812, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.05.164. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095965261831504X>.
- MARTIN, Michael. Evaluating the environmental performance of producing soil and surfaces through industrial symbiosis. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 626–638, 2020. DOI: 10.1111/jiec.12941. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12941>.
- MARTIN, Michael; HARRIS, Steve. Prospecting the sustainability implications of an emerging industrial symbiosis network. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 138, n. July, p. 246–256, 2018. DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.07.026. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.07.026>.
- MARTINELLI, D. P.; VENTURA, C. A. A.; LIBONI, L. B.; MARTINS, T. M. **Teoria Geral dos Sistemas**. Saraiva, 2012.
- MATHEWS, John A.; TAN, Hao; MOORE, Michael J. B.; BELL, Geoff. A conceptual lignocellulosic “feed+fuel” biorefinery and its application to the linked biofuel and cattle raising industries in Brazil. **Energy Policy**, [S. l.], v. 39, n. 9, p. 4932–4938, 2011. DOI: 10.1016/j.enpol.2011.06.022.
- MATTILA, Tuomas J.; PAKARINEN, Suvi; SOKKA, Laura. Quantifying the Total Environmental Impacts of an Industrial Symbiosis - a Comparison of Process-, Hybrid and Input–Output Life Cycle Assessment. **Environmental Science & Technology**, [S. l.], v. 44, n. 11, p. 4309–4314, 2010. DOI: 10.1021/es902673m. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es902673m>.
- MATTOS, Viviane Leite Dias; KONRATH, Andréa Cristina; AZAMBUJA, Ana Maria Volkmer De. **Introdução à estatística: aplicações em ciências exatas**. Rio de Janeiro: LTC, 2017.
- MAYNARD, Nathaniel John; RAJ KANAGARAJ SUBRAMANIAN, Vaishnav; HUA, Chien-Yu;

- LO, Shih-Fang. Industrial Symbiosis in Taiwan: Case Study on Linhai Industrial Park. **Sustainability**, [S. l.], v. 12, n. 11, p. 4564, 2020. DOI: 10.3390/su12114564. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/11/4564>.
- MENATO, Silvia; CARIMATI, Stefano; MONTINI, Elias; INNOCENTI, Patrick; CANETTA, Luca; SORLINI, Marzio. Challenges for the adoption of industrial symbiosis approaches within industrial agglomerations. In: 2017 INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING, TECHNOLOGY AND INNOVATION (ICE/ITMC) 2017, **Anais [...]**. : IEEE, 2017. p. 1293–1299. DOI: 10.1109/ICE.2017.8280029. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/8280029/>.
- MHENNA, Rachid. Social audit as an essential control lever for human resources management. **Revue du contrôle, de la comptabilité et de l'audit**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 258–269, 2023.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Informativo Gestão Setor Elétrico**. Equipe do Departamento de Gestão do Setor Elétrico [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/energia-eletrica>. Acesso em 10/01/2023.
- MISHENIN, Yevhen; KOBLIANSKA, Inna; MEDVID, Viktoriia; MAISTRENKO, Yuliia. Sustainable regional development policy formation: role of industrial ecology and logistics. **Entrepreneurship and Sustainability Issues**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 329–341, 2018. DOI: 10.9770/jesi.2018.6.1(20). Disponível em: <https://jssidoi.org/jesi/article/223>.
- MIYAMOTO, Sara Midori; COSTA, Rosangela Calado Da; CANDIANI, Giovano. Redes de simbiose industrial: possibilidades entre empresas do município de Diadema (São Paulo), Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, [S. l.], v. 27, n. 4, p. 701–713, 2022. DOI: 10.1590/s1413-415220210079. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522022000400701&tlng=pt.
- MOHAJAN, Haradhan. The First Industrial Revolution: Creation of a New Global Human Era. **Journal of Social Sciences and Humanities**, [S. l.], v. 5, n. 4, p. 377–387, 2019.
- MORAES, Ciro Dandolini. **Avaliação do processo de bioestabilização por compostagem de estopas contaminadas com óleos e graxas provenientes de oficinas mecânicas da região de Criciúma- SC**. 2012. Universidade do Extremo Sul Catarinense, [S. l.], 2012.
- MORAIS, Caroline Moya de Moraes; ZEVEVICOSKI, Gabrielli Aparecida; FERRAREZI, Jaqueline dos Santos; GEHLEN, Karina Rocha Henriques; REIS, Luciano Gomes Dos. Produção Acadêmica Brasileira no Contexto dos Relatórios de Sustentabilidade: Uma Análise Bibliométrica. **Revista de Gestão, Finanças e Contabilidade**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 197–217, 2017. DOI: 10.18028/2238-5320/rgfc.v7n2p197-217.
- MORTENSEN, Lucia; KØRNØV, Lone. Critical factors for industrial symbiosis emergence process. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 212, p. 56–69, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.11.222. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652618336254>.
- MOURA, Ingrid R. De; LOPES, Geovanne L. C. Da; ALMEIDA, José Carlos G. De; COSTA, Emerson B. Da; SOUZA, Wendell R. M. De; VIANA, Herbert R. G. Reutilização de resíduos de serraria como matéria prima para fabricação de material compósito de isolamento térmica. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 64–74, 2020.
- MULROW, John S.; DERRIBLE, Sybil; ASHTON, Weslyne S.; CHOPRA, Shauhrat S. Industrial Symbiosis at the Facility Scale. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 21, n. 3, p. 559–571, 2017. DOI: 10.1111/jiec.12592.

MUÑOZ-TORRES, María Jesús; FERNÁNDEZ-IZQUIERDO, María Ángeles; RIVERA-LIRIO, Juana M.; FERRERO-FERRERO, Idoia; ESCRIG-OLMEDO, Elena; GISBERT-NAVARRO, José Vicente; MARULLO, María Chiara. An Assessment Tool to Integrate Sustainability Principles into the Global Supply Chain. **Sustainability**, [S. l.], v. 10, n. 3, p. 535, 2018. DOI: 10.3390/su10020535. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2071-1050/10/2/535>.

MURRAY, Alan; SKENE, Keith; HAYNES, Kathryn. The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. **Journal of Business Ethics**, [S. l.], v. 140, n. 3, p. 369–380, 2017. DOI: 10.1007/s10551-015-2693-2.

NERI, Alessandro; BUTTURI, Maria Angela; LOLLI, Francesco; GAMBERINI, Rita. Inter-firm exchanges, distributed renewable energy generation, and battery energy storage system integration via microgrids for energy symbiosis. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 414, p. 137529, 2023. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.137529. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652623016876>.

NEVES, Angela; GODINA, Radu; AZEVEDO, Susana G.; MATIAS, João C. O. A comprehensive review of industrial symbiosis. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 247, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119113.

NEVES, Angela; GODINA, Radu; AZEVEDO, Susana; PIMENTEL, Carina; C.O. MATIAS, João. The Potential of Industrial Symbiosis: Case Analysis and Main Drivers and Barriers to Its Implementation. **Sustainability**, [S. l.], v. 11, n. 24, p. 7095, 2019. DOI: 10.3390/su11247095. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/24/7095>.

O'BRIEN, P. Was the First Industrial Revolution a Conjuncture in the History of the World Economy? **Economic History Working Papers No. 259/2017. London School of Economics and Political Science.**, [S. l.], 2017.

ODUM, E. P.; BARRET, G. W. **Fundamentos de ecologia**. Cengage Le ed. São Paulo, 2011.

OLIVEIRA, Carlos Eduardo De; ALMEIDA, Franciele Arantes De; SILVA, Hudson Garcia; CARVALHO, João Marcus Ribeiro De. Um Estudo Acerca Do Desempenho Social Com Base No Balanço Social De Empresa Do Setor De Petróleo Face À Crise Financeira Internacional. **Revista UNEMAT de Contabilidade**, [S. l.], v. 5, n. 10, p. 160–174, 2016. DOI: 10.30681/ruc.v5i10.1470.

OLIVEIRA, Fábio Ribeiro De; FRANÇA, Sergio Luiz Braga; RANGEL, Luís Alberto Duncan. Challenges and opportunities in a circular economy for a local productive arrangement of furniture in Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 135, p. 202–209, 2018. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.10.031.

OLIVEIRA, Fábio Ribeiro De; FRANÇA, Sergio Luiz Braga; RANGEL, Luís Alberto Duncan. Princípios de economia circular para o desenvolvimento de produtos em arranjos produtivos locais. **Interações (Campo Grande)**, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 1179–1193, 2019. DOI: 10.20435/inter.v20i4.1921. Disponível em: <https://interacoes.ucdb.br/interacoes/article/view/1921>.

OLIVEIRA, Floriano Godinho de. Uma agenda para o desenvolvimento do Rio de Janeiro. **Cadernos de Desenvolvimento Fluminense**, v. 01, n. 22. Edição Especial, 2022

OMETTO, A. R.; RAMOS, P. A. R.; LOMBARDI, G. The benefits of a Brazilian agro-industrial symbiosis system and the strategies to make it happen. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 15, n. 13–14, p. 1253–1258, 2007. DOI: 10.1016/j.jclepro.2006.07.021.

ONG, Jenny; MAHMOOD, Noor Zalina; MUSA, Siti Nurmaya. Challenges to promoting eco-industry parks in Malaysia: A case study of Rawang Integrated Industrial Park. **Journal of**

Material Cycles and Waste Management, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 1258–1269, 2021. DOI: 10.1007/s10163-021-01199-3. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10163-021-01199-3>.

OZOLA, Zanda U.; VESERE, Rudite; KALNINS, Silvija N.; BLUMBERGA, Dagnija. Paper Waste Recycling. Circular Economy Aspects. **Environmental and Climate Technologies**, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 260–273, 2019. DOI: 10.2478/rtuect-2019-0094. Disponível em: <https://www.sciendo.com/article/10.2478/rtuect-2019-0094>.

PACHECO, Diego Augusto de Jesus; CATEN, Carla Schwengber Ten; JUNG, Carlos Fernando; NAVAS, Helena Victorovna Guitiss; CRUZ-MACHADO, Virgílio Antônio. Eco-innovation determinants in manufacturing SMEs from emerging markets: Systematic literature review and challenges. **Journal of Engineering and Technology Management - JET-M**, [S. l.], v. 48, n. April 2017, p. 44–63, 2018. DOI: 10.1016/j.jengtecman.2018.04.002. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2018.04.002>.

PÁDUA, Zelia Maria Caetano De. **Avaliação das emissões de CO2 por veículos de transporte de cargas pelo método Botton-Up em rodovias com pista dupla e simples**. 2014. Centro Universitário de Araraquara, [S. l.], 2014.

PÄIVÄRINNE, Sofia; HJELM, Olof; GUSTAFSSON, Sara. Excess heat supply collaborations within the district heating sector: Drivers and barriers. **Journal of Renewable and Sustainable Energy**, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 033117, 2015. DOI: 10.1063/1.4921759. Disponível em: <https://pubs.aip.org/aip/jrse/article/672080>.

PARK, Jooyoung; DUQUE-HERNÁNDEZ, Juanita; DÍAZ-POSADA, Nohora. Facilitating Business Collaborations for Industrial Symbiosis: The Pilot Experience of the Sustainable Industrial Network Program in Colombia. **Sustainability**, [S. l.], v. 10, n. 10, p. 3637, 2018. DOI: 10.3390/su10103637. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2071-1050/10/10/3637>.

PATRICIO, Joao; AXELSSON, Lovisa; BLOMÉ, Simon; ROSADO, Leonardo. Enabling industrial symbiosis collaborations between SMEs from a regional perspective. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 202, p. 1120–1130, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.07.230. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652618322194>.

PATRICIO, Joao; KALMYKOVA, Yuliya; ROSADO, Leonardo; COHEN, Jonathan; WESTIN, Alexandra; GIL, Jorge. Method for identifying industrial symbiosis opportunities. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 185, p. 106437, 2022. DOI: 10.1016/j.resconrec.2022.106437. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344922002804>.

PAULA, Eugênia Vale De; ABREU, Mônica Cavalcanti Sá De. Pressures from the context and institutional capacity building to develop industrial symbiosis networks. **Gestão & Produção**, [S. l.], v. 26, n. 4, 2019. DOI: 10.1590/0104-530x3831-19. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2019000400202&tlng=en.

PAULINO NETO, Fernando. **Betinho quer balanço social de empresas**. 1997. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/fsp/1997/3/26/dinheiro/26.html>. Acesso em 05/01/2022.

PAULIUK, Stefan. Critical appraisal of the circular economy standard BS 8001:2017 and a dashboard of quantitative system indicators for its implementation in organizations. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 129, n. October 2017, p. 81–92, 2018. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.10.019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.019>.

PAULIUK, Stefan; ARVESEN, Anders; STADLER, Konstantin; HERTWICH, Edgar G. Industrial ecology in integrated assessment models. **Nature Climate Change**, [S. l.], v. 7, n. 1, p. 13–20, 2017. DOI: 10.1038/nclimate3148. Disponível em: <http://www.nature.com/articles/nclimate3148>.

PEDERSEN, Esben Rahbek Gjerdrum; LÜDEKE-FREUND, Florian; HENRIQUES, Irene; SEITANIDI, M. May. Toward Collaborative Cross-Sector Business Models for Sustainability. **Business & Society**, [S. l.], v. 60, n. 5, p. 1039–1058, 2021. DOI: 10.1177/0007650320959027. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0007650320959027>.

PÉREZ-FORTES, Mar; SCHÖNEBERGER, Jan C.; BOULAMANTI, Aikaterini; TZIMAS, Evangelos. Methanol synthesis using captured CO₂ as raw material: Techno-economic and environmental assessment. **Applied Energy**, [S. l.], v. 161, p. 718–732, 2016. DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.07.067. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.07.067>.

PESSOA, Mariana Lisboa. Até 2030, alcançar o acesso universal e equitativo à água potável e segura para todos. *In: A situação do Rio Grande do Sul no cumprimento das metas do ODS 6*. Secretaria ed. Porto Alegre : Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão. p. 26., 2022.

PHILIPPI JR., Arlindo; SOBRAL, Maria do Carmo; FERNANDES, Valdir; SAMPAIO, Carlos Alberto Cioce. Sustainable Development, Interdisciplinarity and Environmental Sciences. **Sustainable Development, Interdisciplinarity and Environmental Sciences**, [S. l.], v. 10, n. 21, p. 509–533, 2013. DOI: 10.21713/2358-2332.2013.v10.575.

PINHEIRO, A. B.; CHAGAS, A. C. C. das .; SANTOS, S. M. de S. dos; SILVA, . S. M.; LOPES, F. M. de A. Obstáculos para a adoção da Simbiose Industrial no Distrito Industrial de Maracanaú: Insights para o Desenvolvimento Sustentável. **Revista de Casos e Consultoria**, [S. l.], v. 11, n. 1, p. e11113, 2020.

PLASTICS EUROPE. **Plastics - Plastics the facts 2015**. 2015. Disponível em: <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2015/>. Acesso em 06/03/2021.

POHLMANN, Christopher Rosa; SCAVARDA, Annibal José; ALVES, Murilo Barros; KORZENOWSKI, André Luis. The role of the focal company in sustainable development goals: A Brazilian food poultry supply chain case study. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 245, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118798.

PORTUGAL JÚNIOR, Pedro dos Santos; REYDON, Bastiaan Philip; PORTUGAL, Nilton dos Santos. A sustentabilidade ambiental como direcionador estratégico ao processo de reindustrialização no Brasil. **Economia e Sociedade**, [S. l.], v. 21, n. spe, p. 889–907, 2012. DOI: 10.1590/S0104-06182012000400008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-06182012000400008&lng=pt&tlng=pt.

POSCH, Alfred. Industrial Recycling Networks as Starting Points for Broader Sustainability-Oriented Cooperation? **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. 242–257, 2010. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2010.00231.x.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CANOAS. **Notícias**. 2023. Disponível em: <https://www.canoas.rs.gov.br/noticias/prefeitura-de-canoas-inicia-a-ampliacao-do-parque-industrial-jorge-lanner/>. Acesso em: 14 maio. 2023.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SANTA MARIA. **Notícias**. 2023. Disponível em: <http://santamaria.rs.gov.br/noticias/26647-no-primeiro-dia-de-coleta-seletiva--prefeitura-recolhe-2-5-toneladas-material-bruto-para-triagem>. Acesso em: 14 maio. 2023.

RAGAERT, Kim; DELVA, Laurens; VAN GEEM, Kevin. Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste. **Waste Management**, [S. l.], v. 69, p. 24–58, 2017. DOI: 10.1016/j.wasman.2017.07.044. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X17305354>.

RAHMAN, Md. Farhadur; ISLAM, Kamrul; ISLAM, Kazi Nazrul. Industrial Symbiosis: A Review on Uncovering Approaches, Opportunities, Barriers and Policies. **Journal of Civil Engineering and Environmental Sciences**, [S. l.], v. 2, p. 011–019, 2016. DOI: 10.17352/2455-488x.000009.

REIKE, Denise; VERMEULEN, Walter J. V.; WITJES, Sjors. The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 135, n. November 2017, p. 246–264, 2018. DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.08.027. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.08.027>.

RESENDE, Marcelo; CARDOSO, Vicente; FAÇANHA, Luis Otávio. Determinants of survival of newly created SMEs in the Brazilian manufacturing industry: an econometric study. **Empirical Economics**, [S. l.], v. 50, n. 4, p. 1255–1274, 2016. DOI: 10.1007/s00181-015-0981-4.

RETALHAR. **O que sua empresa faz com a camisa que o colaborador veste?** 2023. Disponível em: <https://www.retalhar.com.br/>. Acesso em 05/05/2023.

REZAEI, Zabihollah. Business sustainability research: A theoretical and integrated perspective. **Journal of Accounting Literature**, [S. l.], v. 36, n. 1, p. 48–64, 2016. DOI: 10.1016/j.acclit.2016.05.003. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1016/j.acclit.2016.05.003/full/html>.

REZVAN, Sina; MORADI, Mohammad Javad; DABIRI, Hamed; DANESHVAR, Kambiz; KARAKOUZIAN, Moses; FARHANGI, Visar. Application of Machine Learning to Predict the Mechanical Characteristics of Concrete Containing Recycled Plastic-Based Materials. **Applied Sciences**, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 2033, 2023. DOI: 10.3390/app13042033. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2076-3417/13/4/2033>.

RICCHINI, Ricardo. **Reciclagem industrial de papel**. 2017. Disponível em: <https://www.setorreciclagem.com.br/reciclagem-de-papel/reciclagem-industrial-de-papel/>. Acesso em: 19 maio. 2023.

RIO DE JANEIRO. **Governo do Rio assina memorando de entendimento na Dinamarca para promover simbiose industrial no estado**. 2023. Disponível em: <https://www.desenvolvimentoeconomico.rj.gov.br/node/271>. Acesso em: 30 jun. 2023.

RITCHIE, Hannah; ROSER, Max. **Brazil: CO2 Country Profile**. 2023. Disponível em: <https://ourworldindata.org/co2/country/brazil#per-capita-how-much-co2-does-the-average-person-emit>. Acesso em: 24 maio. 2023.

RODIN, Valerie; MOSER, Simon. The perfect match? 100 reasons why energy cooperation is not realized in industrial parks. **Energy Research & Social Science**, [S. l.], v. 74, p. 101964, 2021. DOI: 10.1016/j.erss.2021.101964. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2214629621000578>.

RODRIGUES, Fabiane Pontes; RIBEIRO, Júlia Nyland do Amaral. Análise da vulnerabilidade ambiental a acidentes por transporte rodoviário de produtos perigosos: estudo de caso no Distrito Industrial do Rio Grande. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, [S. l.], v. 135, n. 10, p. 120–135, 2022.

ROGINA, Danijela; ŠANDRK NUKIĆ, Ivana. The role of financial viability in sustainability and the increase of green roofs as elements of green infrastructure. *Ekonomski vjesnik, [S. l.]*, v. 34, n. 1, p. 199–211, 2021. DOI: 10.51680/ev.34.1.15. Disponível em: <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/ekonomski-vjesnik/article/view/10866>.

ROMEIRO, Ademar Ribeiro. Desenvolvimento sustentável: uma perspectiva econômico-ecológica. *Estudos Avançados, [S. l.]*, v. 26, n. 74, p. 65–92, 2012. DOI: 10.1590/S0103-40142012000100006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100006&lng=pt&tlng=pt.

ROMERO, Elena; RUIZ, M. Carmen. Framework for Applying a Complex Adaptive System Approach to Model the Operation of Eco-Industrial Parks. *Journal of Industrial Ecology, [S. l.]*, v. 17, n. 5, p. 731–741, 2013. DOI: 10.1111/jiec.12032. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12032>.

ROSS, Stephen A.; WESTERFIELD, Randolph W.; JORDAN, Bradford D. **Fundamentos de Administração Financeira**. AMGH: Porto Alegre, 2013.

S. RODRIGUES, Mário; P. BARREIRA, L.; PIMENTA, E.; DANTAS, F. Combustível Derivado de Resíduos (CDR): Definição, padronização e usos potenciais. *Águas e Resíduos, [S. l.]*, n. 2, p. 64–72, 2017. DOI: 10.22181/aer.2017.0206. Disponível em: <https://apesb.org/publicacao/serie-iv-ar-n-o-2/combustivel-derivado-de-residuos-cdr-definicao-padronizacao-e-usos-potenciais/>.

SACHS, J. D. **The End of Poverty; How We Can Make it Happen in Our Lifetime**. The Penguin ed. New York: The Penguin Press, 2005.

SALÁRIO. **Salário: cargos e salários**. 2022. Disponível em: <https://www.salario.com.br/>. Acesso em: 10 fev. 2023.

SANDOVAL HAMÓN, Leyla A.; RUIZ PEÑALVER, Soraya M.; THOMAS, Elisa; FITJAR, Rune Dahl. From high-tech clusters to open innovation ecosystems: a systematic literature review of the relationship between science and technology parks and universities. *The Journal of Technology Transfer, [S. l.]*, 2022. DOI: 10.1007/s10961-022-09990-6. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s10961-022-09990-6>.

SANT'ANA, Maria Angélica Kramer; GADIOLI, Mônica Castoldi Borlini; BABISK, Michelle Pereira; VIEIRA, Carlos Mauricio Fontes. Use of Waste of Ornamental Stone in Ceramic Mass Incorporation in Brazil. *In: [s.l: s.n.]*. p. 283–291, 2019. DOI: 10.1007/978-3-030-10383-5_33. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-030-10383-5_33.

SANTA MARIA - RS. **Lei Complementar 33 de 29 de dezembro de 2005. Institui a lei de uso e ocupação do solo, parcelamento, perímetro urbano e sistema viário do município de santa maria**. 2005. Disponível em: <https://camara-sm.rs.gov.br/atividades-legislativas/legislacao/lei-complementar/9159/lei-complementar-n-ordm---33-2005>. Acesso em: 10 jan. 2023.

SANTA MARIA - RS. **Lei nº. 6.043, de 15 de março de 2016. Regulamenta a destinação e a ocupação de áreas para instalação de empreendimentos industriais, tecnológicos e de logística no Distrito Industrial e dá outras providências**. 2016. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/rs/s/santa-maria/lei-ordinaria/2016/605/6043/lei-ordinaria-n-6043-2016-regulamenta-a-destinacao-e-a-ocupacao-de-areas-para-instalacao-de-empreendimentos-industriais-tecnologicos-e-de-logistica-no-distrito-industrial-e-da-ou>.

SANTA MARIA - RS. **Decreto Executivo 136 de 10 novembro de 2022. Dispõe sobre o cálculo**

e arrecadação dos tributos municipais para o exercício de 2023. 2022. Disponível em: https://www.santamaria.rs.gov.br/arquivos/baixar-arquivo/documentos/doc_202211101420-5295.pdf. Acesso em: 20 maio. 2023.

SANTA MARIA TECNOPARQUE. **Tecnologia e Inovação. Conheça o TECNOPARQUE,** 2022. Disponível em: <https://santamariatecnoparque.com.br/>. Acesso em 12/01/2022.

SANTOS, Alexandro Jhones Dos; DA COSTA CUNHA, Grazielle; CRUZ, Daiane Requião Souza; ROMÃO, Luciane Pimenta Cruz; MARTÍNEZ-HUITLE, Carlos Alberto. Iron mining wastes collected from Mariana disaster: Reuse and application as catalyst in a heterogeneous electro-Fenton process. **Journal of Electroanalytical Chemistry**, [S. l.], v. 848, p. 113330, 2019. DOI: 10.1016/j.jelechem.2019.113330.

SANTOS, Victoria Emilia Neves. **Proposta metodológica para criação de biorrefinaria de bagaço de cana produtora de bioplataformas químicas: um ensaio preliminar como parte de um de sistema de simbiose industrial em Campos dos Goytacazes-RJ.** 2013. Universidade Federal do Rio de Janeiro, [S. l.], 2013.

SANTOS, Victoria Emilia Neves; MAGRINI, Alessandra. Biorefining and industrial symbiosis: A proposal for regional development in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 177, p. 19–33, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.12.107.

SAUERESSIG, Gislaine Gabriele; SELBITTO, Miguel Afonso; KADEL JR, Nelson. Papel das cooperativas de reciclagem no retorno de Resíduos Sólidos Urbanos à indústria. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [S. l.], v. 14, n. 2, p. e6537, 2021. DOI: 10.17765/2176-9168.2021v14n2e6537. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/6537>.

SAUVÉ, Sébastien; BERNARD, Sophie; SLOAN, Pamela. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. **Environmental Development**, [S. l.], v. 17, p. 48–56, 2016. DOI: 10.1016/j.envdev.2015.09.002. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2211464515300099>.

SCHALTEGGER, Stefan. Sustainability as a driver for corporate economic success. **Society and Economy**, [S. l.], v. 33, n. 1, p. 15–28, 2011. DOI: 10.1556/SocEc.33.2011.1.4. Disponível em: <https://akjournals.com/doi/10.1556/socec.33.2011.1.4>.

SCHALTEGGER, Stefan; WAGNER, Marcus. **Managing the Business Case for Sustainability: The Integration of Social , Environmental and Economic Performance.** Taylor & F ed. [s.l: s.n.], 2017. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=IE8PEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Sustainability+e+economic+success&ots=cUz-c0jBRu&sig=cXg7UGFDw2d9pR_7VeRZ_KO44HA#v=onepage&q=Sustainability+e+economic+success&f=false.

SCHONEVELD, George C. Sustainable business models for inclusive growth: Towards a conceptual foundation of inclusive business. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 277, p. 124062, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.124062. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095965262034107X>.

SCHROEDER, Jocimari Tres; SCHROEDER, Ivanir; COSTA, Reinaldo Pacheco; SHINODA, Carlos. O Custo De Capital Como Taxa Mínima De Atratividade Na the Capital Cost As Minimum Interest Rate in Projects. **Revista Gestão Industrial**, [S. l.], v. 1, n. 2, p. 33–42, 2005.

SCHWARZ, A. E.; LIGTHART, T. N.; GODOI BIZARRO, D.; DE WILD, P.; VREUGDENHIL,

B.; VAN HARMELEN, T. Plastic recycling in a circular economy; determining environmental performance through an LCA matrix model approach. **Waste Management**, [S. l.], v. 121, p. 331–342, 2021. DOI: 10.1016/j.wasman.2020.12.020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0956053X20307091>.

SEBRAE, Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Painel de empresas - Índice das pequenas indústrias**. 2021. Disponível em: <https://datasebraeindicadores.sebrae.com.br/resources/sites/data-sebrae/data-sebrae.html#/Empresas>. Acesso em: 24 jun. 2021.

SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Listagem dos distritos e áreas industriais**. 2023. Disponível em: <https://desenvolvimento.rs.gov.br/di-list>. Acesso em: 14 maio. 2023.

SELLITTO, Miguel Afonso; LUCHESE, Juliane. Systemic Cooperative Actions among Competitors: the Case of a Furniture Cluster in Brazil. **Journal of Industry, Competition and Trade**, [S. l.], v. 18, n. 4, p. 513–528, 2018. DOI: 10.1007/s10842-018-0272-9. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s10842-018-0272-9>.

SELLITTO, Miguel Afonso; MURAKAMI, Fábio Kazuhiro. Industrial symbiosis: A case study involving a steelmaking, a cement manufacturing, and a zinc smelting plant. **Chemical Engineering Transactions**, [S. l.], v. 70, p. 211–216, 2018. DOI: 10.3303/CET1870036.

SELLITTO, Miguel Afonso; MURAKAMI, Fábio Kazuhiro; BUTTURI, Maria Angela; MARINELLI, Simona; KADEL, Nelson; RIMINI, Bianca. Barriers, drivers, and relationships in industrial symbiosis of a network of Brazilian manufacturing companies. **Sustainable Production and Consumption**, [S. l.], v. 26, p. 443–454, 2021. DOI: 10.1016/j.spc.2020.09.016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.016>.

SELLITTO, Miguel; MURAKAMI, Fábio. Destination of the waste generated by a steelmaking plant: a case study in Latin America. **Aestimum**, [S. l.], v. just, p. accepted, 2020. DOI: 10.13128/aestim-9025.

SHARPE, Norean R.; VEAUX, Richard D. D.; VELLEMAN, Paul F. **Estatística aplicada**. Porto Alegre: Bookman, 2011.

SHI, Han; CHERTOW, Marian; SONG, Yuyan. Developing country experience with eco-industrial parks: a case study of the Tianjin Economic-Technological Development Area in China. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 191–199, 2010. DOI: 10.1016/j.jclepro.2009.10.002. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652609003242>.

SHI, Lei. Industrial Ecology Education at Tsinghua University. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 21, n. 2, p. 423–429, 2017. DOI: 10.1111/jiec.12445. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/jiec.12445>.

SILVA, Carla Mabel Medeiros de Albuquerque e; CAPUZZO, Valdirene Maria Silva. Avaliação da durabilidade de concretos produzidos com agregados de resíduo de concreto utilizando a abordagem de mistura dois estágios. **Matéria (Rio de Janeiro)**, [S. l.], v. 25, n. 1, 2020. DOI: 10.1590/s1517-707620200001.0882. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762020000100312&tlng=pt.

SILVA, Flávia Arcari Da; SIMIONI, Flávio José; HOFF, Débora Nayar. Diagnosis of circular economy in the forest sector in southern Brazil. **Science of the Total Environment**, [S. l.], v. 706, p. 135973, 2020. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.135973. Disponível em:

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135973>.

SILVA, Flavia Cristina; SHIBAO, Fabio Ytoshi; KRUGLIANSKAS, Isak; BARBIERI, José Carlos; SINISGALLI, Paulo Antonio Almeida. Circular economy: analysis of the implementation of practices in the Brazilian network. **Revista de Gestão**, [S. l.], v. 26, n. 1, p. 39–60, 2019. DOI: 10.1108/rege-03-2018-0044.

SILVESTRE, Bruno S.; ȚÎRCĂ, Diana Mihaela. Innovations for sustainable development: Moving toward a sustainable future. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 208, p. 325–332, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.09.244. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652618329834>.

SINDUSCON-RS. **Preços e custos da construção**. 2022. Disponível em: <https://sinduscon-rs.com.br/wp-content/uploads/2022/12/Preco-e-Custos-da-Construcao-1-DEZEMBRO-2022.pdf>. Acesso em: 19 dez. 2022.

SINGH, Narinder; HUI, David; SINGH, Rupinder; AHUJA, I. P. S.; FEO, Luciano; FRATERNALI, Fernando. Recycling of plastic solid waste: A state of art review and future applications. **Composites Part B: Engineering**, [S. l.], v. 115, p. 409–422, 2017. DOI: 10.1016/j.compositesb.2016.09.013. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359836816318601>.

SINIR. **Relatório Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos**. 2020. Disponível em: <https://sinir.gov.br/relatorios/nacional/>. Acesso em: 8 maio. 2023.

SOUSA, Ana Beatriz Lopes J. de; AZEVEDO, Fernanda de S.; ARANTES, Ariana Fernandes; JABBOUR, Charbel José Chiappetta. Esverdeando a cadeia de suprimentos: Algumas evidências de empresas localizadas no Brasil. **Gestao e Producao**, [S. l.], v. 20, n. 4, p. 953–962, 2013. DOI: 10.1590/S0104-530X2013000400014.

SOUSA, Luis Henrique dos Santos Silva; SILVA, Elaine Aparecida Da. Ecologia industrial: evolução histórica e produção científica. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais (Online)**, [S. l.], n. 50, p. 162–182, 2018. DOI: 10.5327/Z2176-947820180403. Disponível em: http://rbciamb.com.br/index.php/Publicacoes_RBCIAMB/article/view/36.

SOUZA, Jhonattas Muniz De. **Reaproveitamento da madeira tratada com arseniato de cobre cromatado e isolador elétrico cerâmico para produção de compósito polimérico**. 2016. Universidade de Caxias do Sul, [S. l.], 2016.

SOUZA, Dejair de Pontes; MENDONÇA, Fabrício Molica; NUNES, Kátia Regina Alves; VALLE, Rogerio. Environmental and Socioeconomic Analysis of Producing Biodiesel from Used Cooking Oil in Rio de Janeiro. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 16, n. 4, p. 655–664, 2012. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2012.00517.x. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1530-9290.2012.00517.x>.

SOUZA, Fabiane F. de et al. Temporal Comparative Analysis of Industrial Symbiosis in a Business Network: Opportunities of Circular Economy. **Sustainability**, [S. l.], v. 12, n. 5, p. 1832, 2020. DOI: 10.3390/su12051832. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/5/1832>.

STANFORD UNIVERSITY. **Frequently Asked Questions: Benefits of Recycling**. 2023. Disponível em: <https://lbre.stanford.edu/pssistanford-recycling>. Acesso em: 9 maio. 2023.

STERR, Thomas; OTT, Thomas. The industrial region as a promising unit for eco-industrial development—reflections, practical experience and establishment of innovative instruments to support industrial ecology. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 12, n. 8–10, p. 947–965,

2004. DOI: 10.1016/j.jclepro.2004.02.029. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652604000836>.
- SULLIVAN, Kieran; THOMAS, Sebastian; ROSANO, Michele. Using industrial ecology and strategic management concepts to pursue the Sustainable Development Goals. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 174, p. 237–246, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.10.201. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.201>.
- SULPET PLÁSTICOS. **Home**. 2023. Disponível em: <https://www.sulpetplasticos.com.br/>. Acesso em: 10 jan. 2023.
- SULYMAN, M.; HAPONIUK, J.; FORMELA, K. Utilization of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) in Engineering Materials: A Review. **International Journal of Environmental Science and Development**, [S. l.], v. 7, n. 2, p. 100–108, 2016. DOI: 10.7763/IJESD.2016.V7.749. Disponível em: <http://www.ijesd.org/show-75-1113-1.html>.
- SUN, Lu et al. Eco-benefits assessment on urban industrial symbiosis based on material flows analysis and emergy evaluation approach: A case of Liuzhou city, China. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 119, p. 78–88, 2017. DOI: 10.1016/j.resconrec.2016.06.007. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344916301446>.
- SUSUR, Ebru; HIDALGO, Antonio; CHIARONI, Davide. A strategic niche management perspective on transitions to eco-industrial park development: A systematic review of case studies. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 140, 338–359, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.06.002>.
- THIOUNN, Timmy; SMITH, Rhet C. Advances and approaches for chemical recycling of plastic waste. **Journal of Polymer Science**, [S. l.], v. 58, n. 10, p. 1347–1364, 2020. DOI: 10.1002/pol.20190261. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pol.20190261>.
- TORRES, Oswaldo Fadigas F. **Fundamentos de engenharia econômica e análise econômica de projetos**. Cengage Learning: São Paulo, 2014.
- TSENG, Ming-Lang; BUI, Tat-Dat. Identifying eco-innovation in industrial symbiosis under linguistic preferences: A novel hierarchical approach. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 140, p. 1376–1389, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.10.014. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652616316122>.
- TURKEN, Nazli; GEDA, Avinash. Supply chain implications of industrial symbiosis: A review and avenues for future research. **Resources, Conservation and Recycling**, [S. l.], v. 161, n. November 2019, p. 104974, 2020. DOI: 10.1016/j.resconrec.2020.104974. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104974>.
- TURNER, David A.; WILLIAMS, Ian D.; KEMP, Simon. Combined material flow analysis and life cycle assessment as a support tool for solid waste management decision making. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 129, p. 234–248, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.04.077. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.04.077>.
- UN, Nações Unidas no Brasil. **RIO+20**. 2021. Disponível em: http://www.rio20.gov.br/sobre_a_rio_mais_20/rio-20-como-chegamos-ate-aqui/at_download/rio-20-como-chegamos-ate-aqui.pdf. Acesso em: 11 jun. 2021.
- UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want**, 2022. Disponível em: <https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook>.

VALENTINE, Scott Victor. Kalundborg Symbiosis: Fostering progressive innovation in environmental networks. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 118, p. 65–77, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.01.061. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.061>.

VAN DER WAAL, Johannes W. H.; THIJSSSENS, Thomas. Corporate involvement in Sustainable Development Goals: Exploring the territory. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 252, p. 119625, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119625. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119625>.

VAN LOON, Patricia; VAN WASSENHOVE, Luk N. Assessing the economic and environmental impact of remanufacturing: a decision support tool for OEM suppliers. **International Journal of Production Research**, [S. l.], v. 56, n. 4, p. 1662–1674, 2018. DOI: 10.1080/00207543.2017.1367107.

VDI-BRASIL. **Reciclagem química: transformando plástico em petróleo**. 2022. Disponível em: <https://www.vdibrasil.com/reciclagem-quimica-transformando-plastico-em-petroleo/>. Acesso em 05/04/2022.

VELENTURF, Anne P. M.; PURNELL, Phil. Principles for a sustainable circular economy. **Sustainable Production and Consumption**, [S. l.], v. 27, p. 1437–1457, 2021. DOI: 10.1016/j.spc.2021.02.018. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352550921000567>.

VELEVA, Vesela; BODKIN, Gavin. Corporate-entrepreneur collaborations to advance a circular economy. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 188, p. 20–37, 2018. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.196. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652618308679>.

VERGARA, Sylvia Constant. **Projetos e Relatórios de Pesquisa em Administração**. Atlas: São Paulo, 2014.

VISSER, Saskia et al. Soil as a Basis to Create Enabling Conditions for Transitions Towards Sustainable Land Management as a Key to Achieve the SDGs by 2030. **Sustainability**, [S. l.], v. 11, n. 23, p. 6792, 2019. DOI: 10.3390/su11236792. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/23/6792>.

VOLK, Rebekka; STALLKAMP, Christoph; STEINS, Justus J.; YOGISH, Savina Padumane; MÜLLER, Richard C.; STAPF, Dieter; SCHULTMANN, Frank. Techno-economic assessment and comparison of different plastic recycling pathways: A German case study. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 25, n. 5, p. 1318–1337, 2021. DOI: 10.1111/jiec.13145. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.13145>.

VOLLMER, Ina et al. Beyond Mechanical Recycling: Giving New Life to Plastic Waste. **Angewandte Chemie International Edition**, [S. l.], v. 59, n. 36, p. 15402–15423, 2020. DOI: 10.1002/anie.201915651. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/anie.201915651>.

VON AGNER, T. C.; STADLER, C.; MARÇAL, R. F. M.; KOVALESKI, J. L. Solid residues utilization orientated by industrial ecology principals: A case study. *In*: ECOS 2005 -Proceedings of the 18th international conference on efficiency, cost, optimization, simulation, and impact of energy systems, 2005, Trondheim; Norway. **Anais [...]**. Trondheim; Norway p. 125–131.

WADSTRÖM, Christoffer; JOHANSSON, Maria; WALLÉN, Magnus. A framework for studying outcomes in industrial symbiosis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [S. l.], v. 151, p.

111526, 2021. DOI: 10.1016/j.rser.2021.111526. Disponível em:
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032121008042>.

WAHRLICH, Júlia; SIMIONI, Flávio José. Industrial symbiosis in the forestry sector: A case study in southern Brazil. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 23, n. 6, p. 1470–1482, 2019. DOI: 10.1111/jiec.12927. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/jiec.12927>.

WALKER, Anna M.; VERMEULEN, Walter J. V.; SIMBOLI, Alberto; RAGGI, Andrea. Sustainability assessment in circular inter-firm networks: An integrated framework of industrial ecology and circular supply chain management approaches. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 286, p. 125457, 2021. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125457. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652620355037>.

WANG, Qiaozhi; DEUTZ, Pauline; CHEN, Yong. Building institutional capacity for industrial symbiosis development: A case study of an industrial symbiosis coordination network in China. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 142, p. 1571–1582, 2017. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.11.146. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095965261632008X>.

WANG, Shanshan; LU, Chunyang; GAO, Yu; WANG, Ke; ZHANG, Ruiqin. Life cycle assessment of reduction of environmental impacts via industrial symbiosis in an energy-intensive industrial park in China. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 241, p. 118358, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.118358. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652619332287>.

WERNKE, Rodney. **Gestão financeira: ênfase em casos e aplicações nacionais**. Rio de Janeiro: Saraiva, 2008.

WHEELER, T.; VON BRAUN, J. Climate Change Impacts on Global Food Security. **Science**, [S. l.], v. 341, n. 6145, p. 508–513, 2013. DOI: 10.1126/science.1239402. Disponível em: <https://www.sciencemag.org/lookup/doi/10.1126/science.1239402>.

WIELAND, Hanspeter; GILJUM, Stefan; EISENMENGER, Nina; WIEDENHOFER, Dominik; BRUCKNER, Martin; SCHAFFARTZIK, Anke; OWEN, Anne. Supply versus use designs of environmental extensions in input–output analysis: Conceptual and empirical implications for the case of energy. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 24, n. 3, p. 548–563, 2020. DOI: 10.1111/jiec.12975. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jiec.12975>.

WOILER, S.; MATHIAS, W. **Projetos: planejamento, elaboração e análise**. Atlas: São Paulo, 2008.

XIONG, Beibei; FALLIANO, Devid; RESTUCCIA, Luciana; DI TRAPANI, Fabio; DEMARTINO, Cristoforo; MARANO, Giuseppe Carlo. High-strain rate compressive behavior of concrete with two different substituted recycled plastic aggregates: Experimental characterization and probabilistic modeling. **Construction and Building Materials**, [S. l.], v. 368, p. 130279, 2023. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2022.130279. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0950061822039356>.

XU, Shi-Chun; MIAO, Yong-Mei; GAO, Chang; LONG, Ru-Yin; CHEN, Hong; ZHAO, Bin; WANG, Shu-Xiao. Regional differences in impacts of economic growth and urbanization on air pollutants in China based on provincial panel estimation. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 208, p. 340–352, 2019. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.10.114. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652618331305>.

XUE, Xiaoxin; WANG, Shanshan; CHUN, Tiantian; XIN, Haojin; XUE, Ruoyu; TIAN, Xiaolin; ZHANG, Ruiqin. An integrated framework for industrial symbiosis performance evaluation in an energy-intensive industrial park in China. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 30, n. 14, p. 42056–42074, 2023. DOI: 10.1007/s11356-023-25232-0. Disponível em: <https://link.springer.com/10.1007/s11356-023-25232-0>.

YAZAN, Devrim Murat; ROMANO, Vincenzo Alessio; ALBINO, Vito. The design of industrial symbiosis: an input–output approach. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 129, p. 537–547, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.03.160. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652616302542>.

YEO, Zhiquan; MASI, Donato; LOW, Jonathan Sze Choong; NG, Yen Ting; TAN, Puay Siew; BARNES, Stuart. Tools for promoting industrial symbiosis: A systematic review. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 23, n. 5, p. 1087–1108, 2019. DOI: 10.1111/jiec.12846.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

YOON, Sukjin; NADVI, Khalid. Industrial clusters and industrial ecology: Building ‘eco-collective efficiency’ in a South Korean cluster. **Geoforum**, [S. l.], v. 90, p. 159–173, 2018. DOI: 10.1016/j.geoforum.2018.01.013. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0016718518300198>.

YU, Chang; DIJKEMA, Gerard P. J.; DE JONG, Martin. What Makes Eco-Transformation of Industrial Parks Take Off in China? **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 441–456, 2015. DOI: 10.1111/jiec.12185. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/jiec.12185>.

YUAN, Xiangzhou; CHO, Moon-Kyung; LEE, Jong Gyu; CHOI, Seung Wan; LEE, Ki Bong. Upcycling of waste polyethylene terephthalate plastic bottles into porous carbon for CF4 adsorption. **Environmental Pollution**, [S. l.], v. 265, p. 114868, 2020. DOI: 10.1016/j.envpol.2020.114868. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749120303560>.

ZACHARIADIS, Theodoros. Climate Change Impacts. *In*: [s.l: s.n.]. p. 25–49, 2016. DOI: 10.1007/978-3-319-29688-3_3. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-319-29688-3_3.

ZHANG, Xugang; ZHANG, Mingyue; ZHANG, Hua; JIANG, Zhigang; LIU, Conghu; CAI, Wei. A review on energy, environment and economic assessment in remanufacturing based on life cycle assessment method. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 255, p. 120160, 2020. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120160. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120160>.

ZHANG, Yan; ZHENG, Hongmei; SHI, Han; YU, Xiangyi; LIU, Gengyuan; SU, Meirong; LI, Yating; CHAI, Yingying. Network analysis of eight industrial symbiosis systems. **Frontiers of Earth Science**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 352–365, 2016. DOI: 10.1007/s11707-015-0520-9. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11707-015-0520-9>.

ZHE, Liu; YONG, Geng; HUNG-SUCK, Park; HUIJUAN, Dong; LIANG, Dong; TSUYOSHI, Fujita. An emergy-based hybrid method for assessing industrial symbiosis of an industrial park. **Journal of Cleaner Production**, [S. l.], v. 114, p. 132–140, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.04.132. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.04.132>.

ZHOU, Xiaoguang; TANG, Xinmeng; ZHANG, Rui. Impact of green finance on economic development and environmental quality: a study based on provincial panel data from China. **Environmental Science and Pollution Research**, [S. l.], v. 27, n. 16, p. 19915–19932, 2020. DOI:

10.1007/s11356-020-08383-2. Disponível em: <http://link.springer.com/10.1007/s11356-020-08383-2>.

ZHU, Junming. Suggested use? On evidence-based decision-making in industrial ecology and beyond. **Journal of Industrial Ecology**, [S. l.], v. 24, n. 5, p. 943–950, 2020. DOI: 10.1111/jiec.13009.

ZHU, Junming; RUTH, Matthias. The development of regional collaboration for resource efficiency: A network perspective on industrial symbiosis. **Computers, Environment and Urban Systems**, [S. l.], v. 44, p. 37–46, 2014. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2013.11.001.

APÊNDICE A – CLASSIFICAÇÃO DOS PLÁSTICOS

Simbologia	Aplicação	Vantagens
<p>Tereftalato de polietileno</p> <p>PET</p>	<p>Frascos e garrafas para uso alimentício/hospitalar, cosméticos, bandejas para micro-ondas, filmes para áudio e vídeo e fibras têxteis.</p>	<p>Transparente, inquebrável, impermeável e leve.</p>
<p>Polietileno de alta densidade</p> <p>PEAD</p>	<p>Embalagens de detergente e óleos automotivos, sacolas de supermercados, garrafeiras, tampas, tambores para tintas, potes, utilidades domésticas, entre outros.</p>	<p>Inquebrável, resistente a baixas temperaturas, leve, impermeável, rígido.</p>
<p>Policloreto ou cloreto de Vinila</p> <p>PVC</p>	<p>Embalagens para água mineral, óleos comestíveis, maioneses, sucos, perfis para janelas, tubulações de água e esgoto, mangueiras, embalagens para remédios, brinquedos, bolsas de sangue, material hospitalar, entre outros</p>	<p>Rígido, transparente (se desejável), impermeável, resistente à temperatura e inquebrável</p>
<p>Polietileno de baixa densidade</p> <p>PEBD</p>	<p>Sacolas para supermercado e boutiques; filmes para embalar leite e outros alimentos; sacaria industrial; filmes para fraldas descartáveis; bolsa para soro medicinal; sacos de lixo, entre outros.</p>	<p>Flexível, leve, transparente e impermeável.</p>

<p>Polipropileno</p> 	<p>Filmes para embalagens e alimentos, embalagens industriais, cordas, tubos para água quente, fios e cabos, frascos, caixas de bebidas, autopeças, fibras para tapetes e utilidades domésticas, etc.</p>	<p>Conserva o aroma, ser inquebrável, transparente, brilhante, rígido e resistente a mudanças de temperatura.</p>
<p>Poliestireno</p> 	<p>Potes para iogurtes, sorvetes, doces, frascos, bandejas de supermercados, geladeiras (parte interna da porta), pratos, tampas, copos descartáveis, aparelhos de barbear descartáveis e brinquedos.</p>	<p>Leveza, capacidade de isolamento térmico, baixo custo, flexibilidade, e a moldabilidade sob a ação do calor, que o deixa em forma líquida ou pastosa.</p>
<p>Outros plásticos - PLA</p> 	<p>Copos, recipientes, embalagens de alimentos, sacolas, pratos descartáveis, garrafas, canetas, bandejas, filamentos de impressora 3D e outros.</p>	<p>É compostável, biodegradável, reciclável (mecânica e quimicamente), biocompatível e bioabsorvível. Desde que não misturado a outros tipos de materiais plásticos.</p>

Fonte: <https://www.ecycle.com.br/tipos-de-plasticos/>

APÊNDICE B – QUESTÕES ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA

Parte 1 – Perfil da empresa

Nome e função do entrevistado: _____

- 1) Porte da empresa (Pequena, média, grande) e número de empregados
- 2) Possui um departamento/ setor específico para meio ambiente? Se sim, quantos funcionários e qualificação do administrador/ responsável pelo setor
- 3) Como descreve o relacionamento ambiental das empresas do distrito.
- 4) Houve alguma discussão neste sentido entre associação e empresas?
- 5) Percebe alguma política pública (municipal, estadual ou federal) no apoio a iniciativas de reciclagem ou reuso – esfera ambiental?

Parte 2 – Processo produtivo e a geração e quantificação de resíduos

- 1) Você poderia descrever o processo de produção?
- 2) Você conhece algum resíduo que possa substituir qualquer uma de suas matérias-primas ou insumos?
- 3) Que tipo de subprodutos e / ou resíduos são produzidos durante o processo fabril (principal produto)? Favor especificar o subproduto
- 4) Quais os principais resíduos produzidos na empresa?
 - a) subprodutos ou resíduos (quantidade por mês – pode ser estimado - por faixa kg/litros
- 5) Como atualmente são descartados seus subprodutos e resíduos?
- 6) Algum dos subprodutos tem destinação obrigatória por lei? Considerado perigoso?
- 7) Existe alguma receita proveniente dos subprodutos ou reaproveitamento?
- 8) Você vê alguma possibilidade destes subprodutos serem usados como matéria-prima ou insumos por outra empresa? Seria necessário transforma-lo para ter novo uso?
- 9) Caso venda os resíduos, existe algum tipo de logística extra, por exemplo, embalagem, armazém, necessário para o seu produto? Como você entrega seus produtos aos seus clientes?

Parte 3A – Se existe a evidência de SI no distrito

- 1) Como começou a simbiose industrial? Por que isso começou? Quem começou?
- 2) O que você vê como os principais fatores para que a simbiose industrial aconteça?
- 3) O que você vê como as principais barreiras para a simbiose industrial?
- 4) Como funciona a simbiose? Logística? Pagamento? Confiabilidade?
- 5) Como é possível melhorar a simbiose? Você teve algum aborrecimento ao longo do caminho?
- 6) Você está aberto para mais colaborações?
- 7) O que a simbiose industrial trouxe para você (por exemplo, custos mais baixos, novos contatos)?

Parte 3 B – Não existe evidência de cooperação

- 1) Você sabe o que são parcerias de simbiose industrial?
- 2) Sim - Qual o principal obstáculo para você participar da simbiose industrial? O que poderia catalisar seu envolvimento em uma parceria de simbiose industrial?
- 3) Não - Você gostaria de participar de alguma simbiose? Por que não?

Parte 4 – Conhecimento de Fontes de energia renovável (elétrica)

- 1) Qual fontes de energia você utiliza? São renováveis?
- 4) Conhece algum programa do governo que beneficie o uso de energias renováveis?

5) Você visualiza a possibilidade de compartilhamento de energia elétrica no Parque?

Parte 5 – Utilização de Simbiose energética

1) Tem geração de fonte de calor ou combustão no processo de fabricação dos seus produtos?

Se sim, essa fonte pode ser direcionada para ser utilizada em outra empresa?

Se sim, quais as limitações ou desafios para construção de um modelo de energia compartilhada?

4) Sua empresa poderia utilizar fontes de calor ou combustão de outra empresa para o seu processo fabril?

Se sim, essa fonte pode ser direcionada para ser utilizada em outra empresa?

Se sim, quais as limitações ou desafios para construção de um modelo de energia compartilhada?

Parte 6 – Compartilhamento de água/ serviços

1) Tem reaproveitamento de água na empresa? Como é realizado o tratamento e para que é utilizada

2) se sim, este processo poderia ser compartilhado com outra empresa?

3) se não, poderia utilizar água de outra empresa ou compartilhar o tratamento?

4) Outros serviços que possam ser compartilhados

Parte 7 – Resíduos administrativos

1) Principais tipos de resíduos (orgânicos/ recicláveis)?

2) Qual a destinação dada a estes resíduos? Orgânicos e Recicláveis:

3) Existe controle de quantidade? Estimar conforme experiência

Orgânicos:

Recicláveis

APÊNDICE C – DADOS DO ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA

Dados do Mercado Consumidor	grânulos	
	Mínimo	Máximo
Preço compra pet (kg)	R\$ 0,30	R\$ 0,35
preço kg grânulo	R\$ 5,50	R\$ 6,00

Custo Capital	Base	
Equipamentos	R\$ 399.009,17	Orçamento
Capital de Giro	R\$ 50.000,00	
legalização empresa + outros CC	R\$ 10.000,00	estimativa alvarás e EPIs
constr. pavilhão/ benfeitorias	R\$ 702.568,40	
soma (2)	R\$ 762.568,40	
soma (equipamentos)	R\$ 399.009,17	

Outros Dados Equipamentos	0	Base
Equipamentos Percentual depreciação ano	10%	Receita Federal
Residual Equipamentos	199.504	Receita Federal

Custo Operacional variável		Base
impostos federais	8,4	Tabela II - Da Indústria -SIMPLES

Custo Operacional fixo (anual)	mínimo	máximo
mão de obra	R\$ 182.711	R\$ 268.569
Pró-labore	R\$ 78.780	R\$ 86.658
outros custos (% CC)	R\$ 20.000	R\$ 20.000
manutenção equipamentos	R\$ 79.800	R\$ 99.752
depreciação	R\$ 39.900	R\$ 39.900
Energia elétrica	R\$ 86.695	R\$ 100.704
SOMA	R\$ 487.886	R\$ 615.583

Equipamentos	Quant.	Valor unitário	Valor total
Moinho Fragmentação	1	R\$ 18.833	R\$ 18.833
Tanque lavagem	5	R\$ 6.500	R\$ 32.500
Extrusão - resfriamento-granuladora	1	R\$ 264.936	R\$ 264.936
*Aglutinadora	1	R\$ 47.139	R\$ 47.139
Painel	1	R\$ 17.600	R\$ 17.600
Silo embalagem/ embalagem	3	R\$ 6.000	R\$ 18.000
Total			R\$ 399.009

* Substitui secadores

Mão de Obra	Mínimo	Máximo	Média balanço social
Salário base	R\$ 1.351,98	R\$ 1.951,09	R\$ 1.651,54
FGTS	R\$ 108,16	R\$ 156,09	R\$ 132,12
VT (10,00 x 22)	R\$ 220,00	R\$ 220,00	R\$ 220,00
VF (base categoria)	R\$ 280,00	R\$ 280,00	R\$ 280,00
Total 12 meses	R\$ 23.521,66	R\$ 31.286,13	R\$ 27.403,89
13º	R\$ 1.460,14	R\$ 2.107,18	R\$ 1.783,66
férias	R\$ 486,71	R\$ 702,39	R\$ 594,55
Total	R\$ 25.468,51	R\$ 34.095,70	R\$ 29.782,10
*Quant. de funcionários apoio	6	7	7
Salário apoio ano	R\$ 152.811,07	R\$ 238.669,87	R\$ 208.474,73
*Gerente produção	R\$ 29.900,00	R\$ 29.900,00	R\$ 29.900,00
Total	R\$ 182.711,07	R\$ 268.569,87	R\$ 225.640,47

* Quantidade mínima funcionários: 4 produção, 1 embalagem, 1 administrativo e 1 gerente produção.

Pro labore		
*Salário Mínimo ano + 13º	R\$ 15.756,00	
Quantidade de salários Mínimo	5	5,5
Remuneração	R\$ 78.780,00	R\$ 86.658,00

* Base mínimo 2022 – R\$ 1,212,00

Faixas	Equipamentos	Motor	KWh	Capacidade equip.	Resíduos (kg)	Quant. Horas	kw total	MWh	Custo MWh (R\$)	Custo EE por equipamento
Quantidade mínima de resíduos	Moinho - granuladora	cv15	9,93	150kg/h	180.000	1200	11916	11,91	545,57	R\$ 6.497,74
	Conjunto recuperação (Extrusora, banheira resfriamento, granuladora)		27,75	70kg/h	130.000	1857	51536	51,53	545,57	R\$ 28.115,34
	Aglutinadora	*cv50	33,10	70kg/h	130.000	1857	61467	61,46	545,57	R\$ 33.534,43
	Administrativo						3400	34,00	545,57	R\$ 18.549,38
	Total									R\$ 86.695
Quantidade máxima de resíduos	Moinho - granuladora	cv15	9,93	150kg/h	200.000	1333	13240	13,24	545,57	R\$ 7.217,89
	Conjunto recuperação (Extrusora, banheira resfriamento, granuladora)		27,75	70kg/h	150.000	2143	59464	59,46	545,57	R\$ 32.434,59
	Aglutinadora	*cv50	33,10	70kg/h	150.000	2143	70911	70,91	545,57	R\$ 38.685,36
	Administrativo						4100	41,00	545,57	R\$ 22.368,37
	Total									R\$ 100.704

* transformação cv - KWh = 50cv x 0,7355 x 0,90 = 33,10 KWh

KWh = 0,7355 * cv* potência

APÊNDICE D – CÓDIGOS LANÇADOS NO R STUDIO

Variáveis	Código
Quantidade	<code>quant= runif(10000, min= 130000, max= 150000)</code>
Preço	<code>preco= runif(10000, min= 5.5, max= 6.0)</code>
Custo Matéria-prima	<code>materia= runif(10000, min= 0.3, max= 0.35)</code>
Gastos Fixos	<code>fixo= runif(10000, min= 487886, max= 615583)</code>
União planilha excel	<code>var= rbind(quant, preco, materia, fixo)</code> <code>write.xlsx(var, file ="tesedados.xlsx")</code>

ANEXO A – TABELA SIMPLES NACIONAL – ANEXO II (INDÚSTRIA)

Faixa	Alíquota	Valor a Deduzir (em R\$)	Receita Bruta em 12 Meses (em R\$)
1a Faixa	4,50%	-	Até 180.000,00
2a Faixa	7,80%	5.940,00	De 180.000,01 a 360.000,00
3a Faixa	10,00%	13.860,00	De 360.000,01 a 720.000,00
4a Faixa	11,20%	22.500,00	De 720.000,01 a 1.800.000,00
5a Faixa	14,70%	85.500,00	De 1.800.000,01 a 3.600.000,00
6a Faixa	30,00%	720.000,00	De 3.600.000,01 a 4.800.000,00

Fonte: Receita Federal

ANEXO B - TARIFA MÉDIA (R\$/MWH)

Classe de Consumo	Brasil	Centro Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul
Comercial, Serviços e Outras	660,93	669,72	662,41	704,97	671,03	603,07
Consumo Próprio	707,83	689,88	703,23	717,88	730,99	584,08
Iluminação Pública	379,48	399,31	385,05	419,90	384,70	331,39
Industrial	577,14	669,26	582,24	591,10	583,29	545,57
Poder Público	663,38	669,90	653,43	694,46	667,93	625,25
Residencial	632,62	661,12	594,73	691,25	649,10	585,72
Rural	611,58	644,50	610,63	643,53	619,95	572,03
Rural Aquicultor	352,67	444,62	344,50	413,09	599,39	407,45
Rural Irrigante	366,52	404,68	306,95	403,56	362,29	597,41
Serviço Público (água, esgoto e saneamento)	538,02	535,38	549,60	603,19	535,13	509,16
Serviço Público (tração elétrica)	495,93	514,91	479,24	-	487,82	556,16
Total por Região	611,69	637,71	579,69	671,43	626,73	568,85

Fonte: Ministério de Minas e Energia (2022)