



UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
ÁREA DE CIÊNCIAS EXATAS E ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**LOGÍSTICA REVERSA EM UMA EMPRESA DE COMÉRCIO DE
ACESSÓRIOS PARA SEGURANÇA DE CARGAS:
UM ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA
COM BASE EM SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS**

Joana Fachinelli de Paoli

Lajeado/RS
Dezembro de 2023

Joana Fachinelli de Paoli

**LOGÍSTICA REVERSA EM UMA EMPRESA DE COMÉRCIO DE
ACESSÓRIOS PARA SEGURANÇA DE CARGAS:
UM ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA
COM BASE EM SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS**

Monografia apresentada no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia de Produção, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. William Jacobs

Lajeado/RS
Dezembro de 2023

Joana Fachinelli de Paoli

**LOGÍSTICA REVERSA EM UMA EMPRESA DE COMÉRCIO DE
ACESSÓRIOS PARA SEGURANÇA DE CARGAS:
UM ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA
COM BASE EM SIMULAÇÃO DE EVENTOS DISCRETOS**

A Banca examinadora abaixo aprova a Monografia apresentada no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Engenharia de Produção, da Universidade do Vale do Taquari - Univates, como parte da exigência para a obtenção do grau de Bacharela em Engenharia de Produção:

Prof. Me. William Jacobs - orientador
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Prof. Eduardo Becker Delwing
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Profª. Ieda Maria Giongo
Universidade do Vale do Taquari - Univates

Lajeado/RS
07 de Dezembro de 2023

AGRADECIMENTOS

Friedrich Nietzsche cita que “só se pode alcançar um grande êxito quando nos mantemos fiéis a nós mesmos”. De fato, a realização do presente trabalho foi possível graças aos meses de incansável dedicação em que me propus a desenvolver e concluí-lo com êxito. Mas cabe citar também meu agradecimento às inúmeras figuras que foram essenciais para eu me manter fiel a mim mesma:

A Deus e meus guias, que me mantiveram forte e perseverante para seguir batalhando nos momentos mais desafiadores.

Aos meus pais, Salete e Altamir, que, compartilhando dos meus problemas e aspirações, me educaram e direcionaram em todos os momentos para chegar até aqui. Sou grata por serem exemplo de ética e pelos inúmeros sacrifícios realizados para formação dos filhos.

Aos meus irmãos, Germano e Eduardo, que reviveram o final de suas vidas acadêmicas nos momentos que solicitei ajuda, orientação e compreensão com silêncio. Às minhas cunhadas, que me mantiveram encorajada e vibrante para a conclusão desta etapa.

Em especial ao meu namorado Leandro, que foi um companheiro constante ao longo de toda essa trajetória, mostrando incansáveis cumplicidade e compreensão. Sua paciência e seu afeto foram apoios essenciais a todos meus esforços.

Ao meu orientador, Prof. Me. William Jacobs, por todo conhecimento, ideias e motivação compartilhados ao longo da elaboração do presente trabalho.

Aos meus colegas da empresa MAVE Comércio de Acessórios, por toda empatia e sensibilidade durante mais esta etapa da minha formação acadêmica, bem como aos meus colegas de graduação, por todo apoio e encorajamento ao longo destes anos. Às minhas amigas de longa data, que juntas desde o ensino fundamental dividimos todas as etapas importantes de nossas vidas.

E por fim, a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para que essa etapa pudesse ser concluída com sucesso.

“Não importa a circunstância, acredite que,
se quiser, você pode fazer algo diferente.”

Benjamin Ferencz

RESUMO

Inspirada nos conceitos de Economia Circular, a Logística Reversa apresenta alternativas para auxiliar na redução de recursos descartados inadequadamente. Com objetivo de otimizar o fluxo do bem, o retorno dos produtos acabados ou seus componentes aos ciclos produtivos é uma opção para maximizar o aproveitamento dos recursos naturais. Para isso, esta monografia aborda um estudo de viabilidade técnico-econômica do processo de Logística Reversa em uma empresa de comércio de acessórios para seguranças de cargas, localizada na cidade de Garibaldi-RS. O estudo visa analisar quão viável é a efetivação do retorno das mercadorias já utilizadas, mas que hoje perderam sua funcionalidade principal, de forma a manter em seu processo produtivo uma destinação final ambientalmente adequada. À vista disso, foram desenvolvidas neste trabalho a análise e validação de três cenários distintos, levando em consideração os sistemas de reuso, desmanche e reciclagem separadamente. O método de análise baseou-se na simulação de eventos discretos, com posterior verificação da viabilidade econômica. O software de simulação utilizado foi o FlexSim e foi relevante por permitir o levantamento de custos de transporte. Adicionalmente, a análise de viabilidade exibiu os resultados de cada cenário desenvolvido, demonstrando serem viáveis técnica e economicamente. Com um investimento inicial estimado em R\$188.561,88, o VPL variou entre R\$ 111.949,50 e R\$ 6.524.784,14 no período de sete anos analisados, bem como a TIR, que pode ser percebida entre 24,40% e 356,92% nesse período de tempo. O tempo de *payback* pode ser esperado em torno de quatro meses para o sistema de reuso; cinco anos e um mês para o sistema de desmanche; e quatro anos e oito meses para o sistema de reciclagem. Espera-se que os fundamentos deste trabalho sirvam de base para o desenvolvimento e constituição do processo de Logística Reversa na empresa MAVE Comércio de Acessórios, visto que os resultados gerados mostram que cada cenário construído retorna valores positivos de VPL, demonstrando perspectivas economicamente viáveis em cada um dos sistemas.

Palavras-chave: Logística Reversa. Economia Circular. Indústria Têxtil. Indústria Metalúrgica. Estudo de Viabilidade Técnico-Econômica.

ABSTRACT

Inspired by the concepts of Circular Economy, Reverse Logistics presents alternatives to help reduce inappropriately discarded resources. In order to optimize the flow of goods, the return of finished products or their components to production cycles is an option to maximize the use of natural resources. To this end, this monograph addresses a technical-economic feasibility study of the Reverse Logistics process in a company selling accessories for cargo security, located in the city of Garibaldi-RS. The study aims to analyze how viable it is to return goods already used, but which today have lost their main functionality, in order to maintain an environmentally appropriate final destination in their production process. In view of this, the analysis and validation of three different scenarios were developed in this work, taking into account the reuse, dismantling and recycling systems separately. The analysis method was based on the simulation of discrete events, with subsequent verification of economic viability. The simulation software used was FlexSim and was relevant because it allowed transportation costs to be surveyed. Additionally, the feasibility analysis displayed the results of each scenario developed, demonstrating that they were technically and economically viable. With an initial investment estimated at R\$ 188,561.88, the NPV varied between R\$ 111,949.50 and R\$ 6,524,784.14 over the seven-year period analyzed, as well as the IRR, which can be perceived between 24.40% and 356.92% in this period of time. *payback* time can be expected to be around four months for the reuse system; five years and one month for the dismantling system; and four years and eight months for the recycling system. It is expected that the foundations of this work will serve as a basis for the development and constitution of the Reverse Logistics process in the company MAVE Comércio de Acessórios, since the results generated show that each constructed scenario returns positive NPV values, demonstrating economically viable perspectives in each one of the systems.

Keywords: Reverse Logistics. Circular Economy. Textile industry. Metallurgical industry. Technical-Economic Feasibility Study.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama da Economia Linear.....	16
Figura 2 - Diagrama Sistêmico da Economia Circular.....	18
Figura 3 - Áreas operacionais da logística empresarial.....	22
Figura 4 - Fluxograma do processo de simulação.....	29
Figura 5 - Simbologia utilizada na técnica proposta IDEF-SIM.....	31
Figura 6 - Metodologia da Simulação.....	31
Figura 7 - Fluxograma das etapas de execução da metodologia científica.....	38
Figura 8 - Mapa de calor com os pontos de maior concentração de clientes.....	42
Figura 9 - Estante de armazenamento para o sistema de reuso.....	44
Figura 10 - Estante gaveteiro para o sistema de desmanche.....	45
Figura 11 - Caixa de armazenamento para sistema de reciclagem.....	45
Figura 12 - Planilhas de controle para sistemas de Reuso de cintas e catracas.....	46
Figura 13 - Planilhas de controle para sistemas de Desmanche.....	47
Figura 14 - Reestruturação de um conjunto - troca de gancho.....	48
Figura 15 - Desmanche de um conjunto.....	48
Figura 16 - Etiqueta costurada à cinta e ao rabicho que precisa ser retirada.....	49
Figura 17 - Máquina desfiadora da marca Eco Têxtil.....	50
Figura 18 - Legenda do modelo conceitual de implementação da Logística Reversa.....	53
Figura 19 - Modelo conceitual por meio da técnica de IDEF-SIM.....	54
Figura 20 - Pontos de coleta no estado.....	55
Figura 21 - Construção do modelo computacional.....	56
Figura 22 - Distância e duração de viagem entre Garibaldi e Pelotas.....	57
Figura 23 - Distância e duração de viagem entre Caxias do Sul e Canoas.....	57
Figura 24 - Distância e duração de viagem entre Passo Fundo e Caxias do Sul.....	57
Figura 25 - Distância e duração de viagem entre Garibaldi e Passo Fundo.....	57
Figura 26 - Cenário do sistema de reuso das cintas.....	59
Figura 27 - Cenário do sistema de reuso das catracas móveis.....	60
Figura 28 - Cenário do sistema de reuso dos ganchos.....	60

Figura 29 - Cenário do sistema de desmanche das cintas.....	61
Figura 30 - Cenário do sistema de desmanche das catracas móveis.....	62
Figura 31 - Cenário do sistema de desmanche dos ganchos.....	62
Figura 32 - Cenário do sistema de reciclagem têxtil.....	63
Figura 33 - Cenário do sistema de reciclagem metalúrgica.....	64
Figura 34 - Fluxo de Caixa para o Cenário 1.....	67
Figura 35 - Fluxo de Caixa para o Cenário 2.....	68
Figura 36 - Fluxo de Caixa para o Cenário 3.....	69

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fases da Análise de Ciclo de Vida de um produto.....	24
Quadro 2 - Definição do OCER para a especificação do modelo.....	51
Quadro 3 - Definição do processo e hipóteses.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Distâncias entre os pontos.....	58
Tabela 2 - Receita total dos sistemas de reuso.....	61
Tabela 3 - Receita total dos sistemas de desmanche.....	63
Tabela 4 - Receita total dos sistemas de reciclagem.....	64
Tabela 5 - Projeção de Investimento Fixo.....	65
Tabela 6 - Relação de Despesas.....	65
Tabela 7 - Depreciação.....	66
Tabela 8 - Indicadores econômicos para o Cenário 1.....	67
Tabela 9 - Indicadores econômicos para o Cenário 2.....	68
Tabela 10 - Indicadores econômicos para o Cenário 3.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

6M	6 Meses
a.a	Ao Ano
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
FC	Fluxo de caixa
IDEF-SIM	<i>Integrated Definition Methods – Simulation</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
IR	Imposto de Renda
kg	Quilogramas
km por L	Quilômetro por Litro
LAIR	Lucro Antes do Imposto de Renda
min.	Minuto
mt.	Metros
NBR	Norma Brasileira
OCER	Objetivos, Complexidade, Entradas/Saídas e Rodadas
ONU	Organizações das Nações Unidas
OP.	Operador
PB	<i>Payback</i>
RS	Rio Grande do Sul
R\$	Reais
R\$/mt	Reais por metro
TIR	Taxa Interna de Retorno
unit.	Unitário (a)
VPL	Valor Presente Líquido
WACC	<i>Weighted Average Cost of Capital</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Tema.....	11
1.2 Delimitação do tema.....	11
1.3 Problema de pesquisa.....	11
1.4 Hipóteses.....	12
1.5 Objetivos.....	12
1.5.1 Objetivo geral.....	12
1.5.2 Objetivos específicos.....	12
1.6 Justificativa.....	13
1.7 Estrutura da pesquisa.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 Economia Circular.....	15
2.1.1 Os princípios da Economia Circular.....	16
2.1.2 Diagrama Sistêmico da Economia Circular.....	17
2.1.3 Objetivos da implementação da Economia Circular.....	20
2.2 Logística Reversa.....	21
2.2.1 Análise do ciclo de vida do produto.....	23
2.2.2 Fluxo logístico de pós-consumo.....	25
2.2.3 Fluxo logístico de pós-venda.....	26
2.2.4 A Logística Reversa na indústria têxtil.....	26
2.2.5 A Logística Reversa na indústria metalúrgica.....	28
2.3 Simulação Computacional.....	28
2.3.1 A técnica do IDEF-SIM.....	30
2.3.2 Análise de resultados a partir da simulação.....	31
2.4 Estudo de viabilidade técnico-econômica.....	32
2.4.1 Fluxo de caixa.....	33
2.4.2 Períodos de <i>payback</i> (PB).....	34
2.4.3 Valor presente líquido (VPL).....	34
2.4.4 Taxa interna de retorno (TIR).....	35

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	36
3.1 A pesquisa quanto ao método científico.....	36
3.2 A pesquisa quanto à abordagem.....	36
3.3 A pesquisa quanto ao objetivo.....	37
3.4 A pesquisa quanto aos procedimentos.....	37
4 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA.....	40
4.1 Contextualização da empresa.....	40
4.2 Mapeamento do processo de Logística Reversa.....	41
4.2.1 Pontos de entrega voluntária.....	41
4.2.2 Gestão de Transporte.....	42
4.3 Descrição dos processos internos de Logística Reversa.....	43
4.3.1 Triagem.....	43
4.3.2 Armazenagem.....	44
4.3.3 Sistemas de Controle.....	46
4.3.4 Processo de reuso.....	47
4.3.5 Processo de desmanche.....	48
4.3.6 Processo de reciclagem.....	49
4.3.7 Processo de destinação final.....	50
4.4 Simulação Computacional.....	51
4.4.1 Modelo conceitual em IDEF-SIM.....	51
4.4.2 Construção de um modelo computacional.....	55
4.4.3 Análise dos resultados da simulação.....	56
4.5 Concepção de cenários.....	58
4.5.1 Cenário 1.....	59
4.5.2 Cenário 2.....	61
4.5.3 Cenário 3.....	63
4.6 Análise de viabilidade técnico-econômica.....	64
4.6.1 Projeção de fluxo de caixa e indicadores de viabilidade do cenário 1.....	67
4.6.2 Projeção de fluxo de caixa e indicadores de viabilidade do cenário 2.....	68
4.6.3 Projeção de fluxo de caixa e indicadores de viabilidade do cenário 3.....	69
5 CONCLUSÃO.....	70
REFERÊNCIAS.....	72
APÊNDICE A - Clientes do estado do RS x Faturamento de 6 meses.....	79
APÊNDICE B - Volume de venda mensal para as cidades selecionadas.....	82

1 INTRODUÇÃO

A busca por alternativas capazes de reduzir os impactos negativos das atividades humanas evidencia a todos os setores da sociedade sobre a necessidade de repensar o estilo de vida de consumo inconsciente seguido atualmente. Dados da Organização das Nações Unidas (ONU) revelam que até 2050 a estimativa é de que a população mundial alcance a marca de quase 10 bilhões de habitantes. Isso representa um aumento na demanda por alimento, água, energia, insumos, moradia e demais recursos naturais, além do acréscimo de resíduos sólidos descartados. (JUGEND; BEZERRA; SOUZA, 2022).

A maioria das empresas, por sua vez, utiliza o modelo linear de produção, fundamentado em extrair, transformar e descartar os produtos e materiais, sem uma destinação adequada (AZEVEDO, 2015), gerando uma considerável crise de sustentabilidade do planeta. Os empenhos de conservar e restaurar são essenciais, mas devem ser trabalhados em conjunto com uma transformação significativa em todos os processos produtivos para que seja possível deter e reverter a perda definitiva da biodiversidade (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2023).

A Economia Circular propõe uma economia sustentável efetiva, sugerindo um sistema de produção sem resíduos, com reutilização e redução dos recursos. Os subprodutos ou bens danificados - antes indesejados e facilmente descartados - podem retornar para um novo ciclo de produção como matéria-prima e insumos (WEETMAN, 2019). A essência da Economia Circular sugere, além de converter os danos causados pelo modelo linear e melhorar as práticas sustentáveis, garantir uma adaptabilidade contínua a longo prazo, incentivando o crescimento econômico de novos negócios e concedendo benefícios sociais e ambientais (CARVALHO, 2021).

A Logística Reversa, sendo uma área que trata de modo geral do fluxo físico de produtos, potencializa o gerenciamento de resíduos sólidos (VALLE; SOUZA, 2014) à medida

que busca o aumento do número de matérias-primas reutilizáveis e a consequente redução da quantidade de poluentes. A Logística Reversa na cadeia de suprimentos precisa ser pensada como um fator estratégico (LUZ; BOOSTEL, 2019), visto que reaproveitamento dos resíduos sólidos em seu próprio ciclo ou outros ciclos produtivos garantem, além de uma destinação ambientalmente adequada, maior competitividade e uma revalorização econômica (LUZ; BOOSTEL, 2019).

1.1 Tema

O tema da presente monografia é um estudo de viabilidade técnico-econômica da implementação da Logística Reversa em uma empresa de comércio de acessórios para segurança de cargas através da simulação de eventos discretos.

1.2 Delimitação do tema

Essa pesquisa surge a partir da perspectiva de implementar estratégias da Economia Circular, focada nas ferramentas de Logística Reversa, em uma empresa de acessórios para segurança de cargas, analisando a sua viabilidade quanto aos ganhos ambientais, sociais e econômicos para a empresa e sua cadeia produtiva por meio da simulação de eventos discretos.

1.3 Problema de pesquisa

Os produtos advindos da indústria têxtil estão presentes na vida de todas as pessoas ao redor do mundo e movimentam uma parte significativa da economia mundial. Devido ao expressivo aumento na demanda, as pesquisas para recuperação e reciclagem de materiais têxteis são pertinentes e relevantes. Isso se dá visto que algumas questões estão sendo cada vez mais colocadas em pauta de atenção, sejam relacionadas a sustentabilidade ou a restrição de recursos naturais e seus impactos sociais e ambientais (AMARAL, 2018).

Estudar a Logística Reversa é justamente uma forma de buscar novas operações que gerem resultados econômicos positivos, tanto a curto quanto a longo prazo. Isso porque, além de conter os impactos nocivos ao meio ambiente, é possível gerar economias de custos de produção, de energia e de gastos com a gestão dos resíduos (RILDO; IBRAHIN. 2014). Entretanto, a implementação do processo de Logística Reversa em uma empresa necessita de investimento inicial, além de um planejamento para monitoramento do ciclo de vida do

produto, da logística e das equipes e parceiros envolvidos, tornando essa atividade, por vezes, muito trabalhosa e irrealizável (PEIXOTO et.al, 2019).

Diante de todas as evidências, pode-se questionar: é viável técnica e economicamente a implementação da Logística Reversa em uma empresa de acessórios para amarração de carga?

1.4 Hipóteses

Para argumentar sobre o problema de pesquisa proposto, as hipóteses levantadas para este estudo sugerem que:

1. as propostas de implementação dos sistemas de reuso, desmanche e reciclagem são viáveis técnica e economicamente, gerando retorno socioambiental e financeiro;
2. a reutilização de componentes, bem como a reciclagem têxtil, são capazes de reduzir a quantidade de resíduos gerados, dando forma a novos produtos; e
3. a implementação da Logística Reversa é viável apenas na região Sul do país, visto que, quanto mais distante da empresa estão os pontos de coleta, mais elevados são os custos de transporte, o que não geraria um retorno positivo.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo geral

Analisar a viabilidade técnico-econômica de implementação da Logística Reversa em uma empresa de comércio de acessórios para segurança de cargas localizada na cidade de Garibaldi-RS.

1.5.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste estudo, que foram desdobrados do objetivo geral, são:

- Mapear os principais estágios de um sistema de Logística Reversa;
- Identificar as características de cada processo de transformação;
- Elaborar o modelo conceitual em IDEF-SIM;
- Elaborar e validar o modelo computacional, através do software FlexSim;
- Elaborar cenários para projeção de receitas e despesas;
- Analisar a viabilidade técnica e econômica da implementação da Logística Reversa.

1.6 Justificativa

A geração de resíduos vem crescendo ao longo dos anos em decorrência do avanço tecnológico acelerado. Com a gradual demanda de novos produtos no mercado, as condições de consumo aumentam o descarte de produtos usados que, por não haver uma estruturação adequada, dificultam o equilíbrio entre as quantidades de material descartado e do que poderia ser reaproveitado (COSTA; VALLE, 2006).

Peixoto *et al.* (2019) destacam que, no Brasil, na década de 1980, devido à quantidade produzida de lixo urbano, passou-se a dar mais atenção para as questões relativas à proteção ambiental, mobilizando a sociedade e suas empresas. Uma das primeiras alternativas propostas para conter a geração de resíduos foi a iniciativa de criar e utilizar embalagens retornáveis. Nesta mesma época, entrou em vigor a Lei 6938/81, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente.

A Logística Reversa entra como uma alternativa de garantir a conservação do meio ambiente, melhorando o manejo dos resíduos descartados. Além da reciclagem e reutilização desses materiais, é necessário desenvolver formas corretas de transporte, armazenamento e descarte dos resíduos, além de aprofundar-se em outras atividades como: remanufatura, condicionamento, recuperação e tratamento de produtos perigosos (RAZZOLINI FILHO; BERTÉ, 2013).

As vantagens de implementar processos voltados à Logística Reversa vão desde a diminuição do consumo de energia, matéria-prima, resíduos descartados e agentes poluidores (CALLEFI, *et al.*, 2017). Para isso, este estudo de viabilidade técnico-econômica de implementação surge da necessidade de identificar o melhor processo para garantir uma destinação ambientalmente adequada dos resíduos.

Porém, para validar se tal alternativa é realmente significativa, existem alguns desafios que devem ser considerados, sendo eles os custos de logística, local apropriado para o descarte dos produtos pós-consumo e garantia da qualidade nos materiais reaproveitados na manufatura (FARIA; MASCARENHAS, 2015). A análise das viabilidades técnica e econômica permite avaliar com maior assiduidade os parâmetros técnicos dos produtos e operações envolvidas nos processos em questão.

Além disso, um processo de Logística Reversa, se bem estruturado, permite um melhor posicionamento estratégico dentro do mercado competitivo, tornando-se um aliado na responsabilidade social e ambiental (CALLEFI, *et al.*, 2017).

1.7 Estrutura da pesquisa

Esta monografia encontra-se estruturada em cinco capítulos.

A primeira etapa abrange a introdução ao tema, sua delimitação, problematização e objetivos geral e específicos, além de hipóteses, justificativa e a estrutura da pesquisa.

O segundo capítulo apresenta temas relevantes ao estudo e subdivide-se em três partes. De início, uma visão geral sobre a Economia Circular, os conceitos centrais e seus princípios. Em seguida, são identificadas as características da Economia Circular no movimento de Logística Reversa, caracterizando principalmente o pós-consumo na indústria. Por fim, são analisadas as ferramentas de simulação computacional e de estudo de viabilidade técnica e econômica para a elaboração da metodologia proposta.

A etapa seguinte compreende os procedimentos metodológicos aplicados no projeto de pesquisa e seus recursos utilizados.

Na sequência, o quarto capítulo é formado pelo desenvolvimento do trabalho, que inicia contextualizando a empresa de estudo e a operacionalização do canal reverso, assim como a descrição dos processos internos de Logística Reversa na mesma. Ainda nessa etapa, pode-se compreender o processo de simulação, desde a construção dos modelos conceitual e computacional, sua validação e a análise dos resultados. Ao final, são apresentados todos os estágios do estudo de viabilidade técnico-econômica.

As conclusões do presente estudo são desenvolvidas na quinta fase, seguida pelas referências bibliográficas, que foram válidas para o desenvolvimento da primeira parte do estudo, e apêndices.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresenta a fundamentação teórica focada na implementação da Logística Reversa em organizações. Sua disposição inicia com a contextualização da Economia Circular, os princípios e metodologias da Logística Reversa, apresentação dos processos produtivos das indústrias têxtil e metalúrgica e finaliza com a apresentação da metodologia de um estudo de viabilidade técnico-econômica.

2.1 Economia Circular

Desde 1965, a população mundial teve um crescimento exponencial de quase de 4 bilhões de pessoas, alcançando a marca de 7,2 bilhões de pessoas em 2015. Resultado de tal expansão pode ser percebido também no aumento da classe consumidora. Apesar das Revoluções Industriais oferecerem oportunidades para empresas, expandindo a oferta, elas também impõem desafios de atender à demanda, visto à volatilidade dos recursos naturais (WEETMAN, 2019).

O sistema que até então foi desenvolvido para suprir a fabricação em massa, é baseado em um modelo linear de extrair, transformar, produzir, utilizar e descartar (LEITÃO, 2015), e originou uma situação denominada de “sobrecarga ecológica”: o consumo dos ecossistemas supera sua capacidade de repor os recursos e absorver os resíduos (WEETMAN, 2019). Acrescentado por Leitão (2015), projeções futuras indicam que a disponibilidade de recursos naturais para as próximas gerações poderá ser insuficiente se os níveis de produção e consumo atuais assim se mantiverem.

Inspirada no funcionamento da própria natureza (LEITÃO, 2015) e propondo inovação nos processos, a Economia Circular surge com o preceito de modificar estruturalmente o sistema de “ciclo aberto” da economia linear, relacionando toda a cadeia

produtiva, de forma a trabalhar a existência simultânea de todos elementos envolvidos (ABDALLA, 2018).

Em um processo integrado, é possível dissociar o crescimento econômico e os recursos nele consumidos, relação que até então era considerada inflexível (MONTEIRO, 2018). Assim como destaca Azevedo (2015), a Economia Circular (ou economia restaurativa) presume que todos os tipos de materiais sejam elaborados de forma eficiente, em fluxos circulares de reutilização, restauração e renovação, sem que haja a perda de qualidade.

2.1.1 Os princípios da Economia Circular

O modelo produtivo e econômico que predomina até os dias de hoje é chamado de economia linear, conforme mostrado na Figura 1. Esse sistema caracteriza-se pela extração de insumos puros e intactos para a fabricação de produtos que, geralmente não usados em todo o seu potencial, se tornarão resíduos e serão desperdiçados após o seu uso. Ainda que essa estrutura já tenha proporcionado diversos benefícios na Revolução Industrial, como a produção em massa e uma sociedade mais abundante em relação à economia, esse desenvolvimento gera danos ambientais e perda de materiais valiosos no decorrer do processo de produção e consumo. Dessa forma, faz-se necessária uma transição significativa do modelo econômico, visto que a má gestão dos recursos é perceptível na gradativa evasão dos capitais naturais (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2023).

Figura 1 - Diagrama da Economia Linear



Fonte: Adaptado de Vision, 2018.

Dessa forma, a Economia Circular surge com uma abordagem regenerativa dos recursos naturais. A organização filantrópica que se destaca no desenvolvimento e aceleração para transição a um novo modelo econômico, Ellen MacArthur Foundation, afirma que a Economia Circular permite enfrentar a uma biodiversidade prejudicada e suas mudanças climáticas, ao mesmo tempo que atende as necessidades sociais, sem que haja perda de valor e

utilidade dos produtos, componentes e materiais produzidos (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2023).

Um dos precedentes na proposta de extensão do ciclo de vida dos produtos através do condicionamento dos recursos a fim de reduzir os desperdícios foi Walter Stahel (1982), abordando o “ciclo fechado” para processos produtivos e revelando seus efeitos positivos na economia (CARVALHO, 2021). Nos anos 90, os economistas David Pearce e Robert Turner tomaram novamente a iniciativa de implementar um sistema econômico de produção de ciclo fechado de forma a potencializar o valor do produto, por meio da geração de sustentabilidade (CARVALHO, 2021), minimizando a extração de recursos, maximizando sua reutilização e ainda desenvolvendo novos modelos de negócios (MONTEIRO, 2018).

No início dos anos 2000, Michael Braungart e William McDonough apresentaram a ideia de Cradle to Cradle (do Berço ao Berço): um sistema produtivo em sentido circular de criação e reutilização, de forma que cada etapa do ciclo seja o início para determinado material, estendendo o seu “período de uso”. Esse método de melhoria contínua permite a geração de produtos e sistemas industriais regenerativos e eficientes, com o intuito de “fazer bem” para o meio ambiente (WEETMAN, 2019).

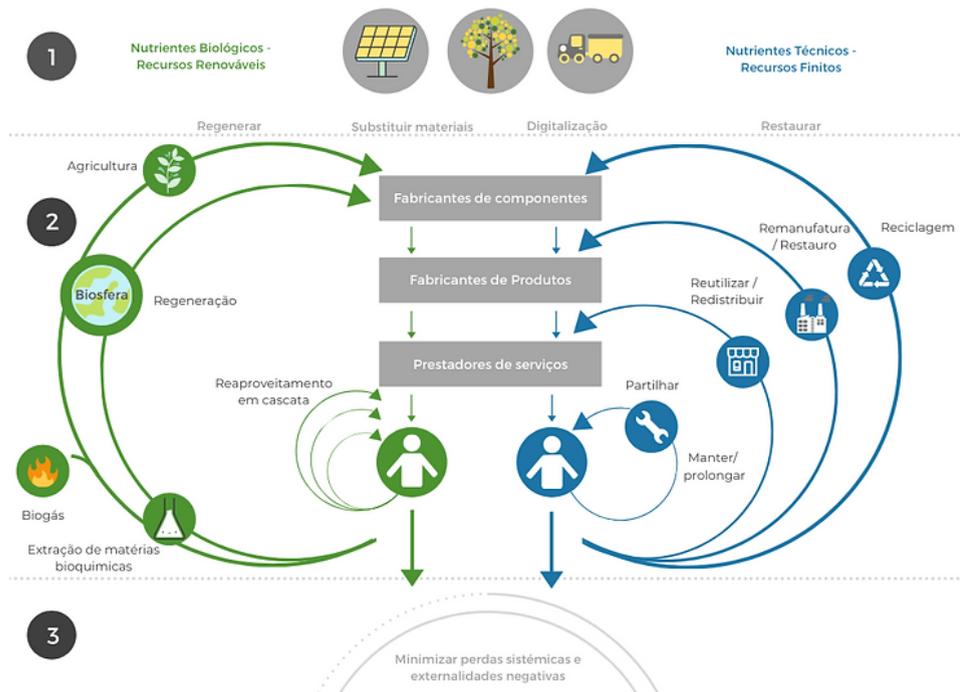
Embora o conceito de Economia Circular tenha surgido há décadas, o debate acerca de sua implementação despontou de forma mais significativa em 2012. Neste ano, a Fundação Ellen MacArthur publicou diversas pesquisas baseadas em evidências sobre os benefícios de uma Economia Circular (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2023).

Com a finalidade de construir um sistema econômico que utiliza seus recursos em vez de esgotá-los, a Economia Circular visa uma ação mais ampla e direta do que simplesmente promover a gestão de resíduos e de reciclagem (MONTEIRO, 2018). O modelo de ciclo múltiplo de uso permite interligar redes para transformação desses materiais; dessa forma, se determinado componente não tiver mais a devida funcionalidade na produção da empresa que o manufaturar, tem-se a possibilidade de ser transformado pelo seu fornecedor ou por terceiro que tenha interesse, dando início a um novo fluxo de receita (AZEVEDO, 2015).

2.1.2 Diagrama Sistêmico da Economia Circular

Representando a cadeia da economia restaurativa, o Diagrama Sistêmico da Economia Circular, conforme é mostrado na Figura 2, também intitulado como “Diagrama de Borboleta”, permite compreender a sua aplicação na prática, visto que o fluxo contínuo de materiais gera uma gestão mais eficiente dos recursos naturais existentes.

Figura 2 - Diagrama Sistêmico da Economia Circular



Fonte: Adaptado de Ellen MacArthur Foundation, 2023.

Costa (2021) destaca que a transição para a Economia Circular possui três principais orientadores, sendo eles:

1. “Preservar o capital natural” promovendo uma utilização eficaz dos recursos finitos e equilibrando a utilização dos recursos renováveis (*topo da Figura 2*).
2. Potenciar a utilidade dos produtos, componentes e materiais, mantendo-os a circular na Economia até ao limite da capacidade (*meio da Figura 2*).
3. Desenvolver sistemas eficazes que minimizem o volume de resíduos que terminam em aterro e as externalidades negativas (*base da Figura 2*).

No topo do diagrama, Costa (2021) distingue a separação dos dois ciclos e suas principais características:

- Os nutrientes biológicos são constituídos de matérias primas renováveis e têm a capacidade de se decompor ao retornarem para a natureza, devolvendo nutrientes à superfície;
- Os nutrientes técnicos são formados de materiais finitos que não se decompõem, e por isso seu tempo de vida útil deve ser prolongado, o que exige investimento em inovação para desmonte e recuperação adequados (AZEVEDO, 2015)

Para que o modelo circular possa ser efetivamente restaurador, é necessário que os processos sejam desenhados a seu favor, com componentes que sejam de fácil separação e, caso sejam perigosos para a natureza, possam ser devidamente descartados (COSTA, 2021).

No meio do diagrama, Costa (2021) analisa a distinção entre os fabricantes de componentes, de produtos e os prestadores de serviços acerca de sua influência em cada um dos ciclos.

No ciclo técnico, os componentes e seus materiais são mantidos em circulação pelo maior tempo possível (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2023). Este ciclo é subdividido em quatro ciclos, que decrescem quanto à valia, visto que os primeiros são os que mais mantêm a integridade do produto.

- O ciclo de manutenção e/ou prolongamento, caso necessário, garante a durabilidade do produto através do reparo e manutenção dos seus componentes, preservando ao máximo o seu valor (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2023);
- O ciclo de reutilização e/ou distribuição permite que o produto possa ser compartilhado com outras pessoas ou redistribuído para outros mercados (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2023);
- O ciclo de renovação e/ou remanufatura favorece o reprocesso, reforma e atualização de alguns componentes, investindo menos energia do que a reciclagem (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2023);
- O ciclo de reciclagem ocorre quando não for possível preservar a integridade do produto em outros ciclos. Seu valor como produto acabado é perdido, mas os competentes são recuperados, podendo retornar para o processo produtivo de um novo artefato (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2023).

Neste ciclo, a operação de Logística Reversa é considerada uma ferramenta que auxilia na redução da quantidade de resíduos descartados incorreta e desnecessariamente. Ao inserir esses componentes novamente no processo produtivo (através de ciclos reversos), é possível aumentar o seu valor econômico e ainda preservar a qualidade ambiental (JAMES, 2021).

Já do lado do ciclo biológico, a estratégia é restaurar os nutrientes da biosfera enquanto reconstrói o capital natural. A melhor solução é utilizar os produtos em forma de cascata para aplicações adicionais em diferentes fluxos de valor, sendo que seus recursos são reaproveitados ciclicamente até o fim de sua aplicabilidade e devolvidos à Terra para regenerar a natureza (ELLEN MACARTHUR FOUNDATION, 2023). Desses nutrientes

ainda, é possível fazer a extração de matérias bioquímicas com o objetivo de produzir biogás, regenerando solos e fechando o ciclo de seus nutrientes (COSTA, 2021).

Na base do diagrama, é possível identificar o resultado de uma Economia Circular eficientemente desenvolvida. Com uma contínua aplicação, é possível minimizar as perdas sistêmicas e externalidades negativas, gerando valor para todas as partes envolvidas, desde as organizações e suas comunidades até o meio ambiente e os seres que o constituem (COSTA, 2021).

2.1.3 Objetivos da implementação da Economia Circular

A Economia Circular é fundamentada num modelo cujo objetivo principal é otimizar o fluxo de bem ao maximizar os aproveitamentos dos recursos naturais e, conseqüentemente, diminuir a geração de resíduos. Assim, este novo padrão de desenvolvimento econômico e consumo sustentável, em que a indústria deixa de ser destrutiva, possibilita um negócio viável para enfrentar um mercado cada vez mais exigente técnica e ecologicamente (LEITÃO, 2015).

Conforme James (2021) apresenta, são três os elementos mais relevantes para a implementação da Economia Circular, sendo eles:

- a) Desenho para a circularidade: esse processo deve priorizar o desenvolvimento de produtos e serviços circulares, levando em consideração o seu ciclo de vida. Além disso, sugere-se que sejam elaborados produtos mais duráveis, de fácil desmontagem e manutenção, em que seus insumos sejam reciclados ou renováveis e tenham ciclo de vida fechado;
- b) Ciclos reversos: os produtos pós-consumo retornam para o sistema produtivo em processos capazes de prolongar a sua utilização ou dos materiais que o compõem, possibilitando a minimização na geração de resíduos. Para isso, é necessário que estes elementos sejam avaliados desde o projeto do produto;
- c) Proposta de valor: ao aderir ao modelo de estratégia circular, valores podem ser agregados em diversas etapas produtivas e através de diversos atores. Dessa forma, é possível que novas formas de relacionamento sejam estabelecidas com os clientes.

Para criar uma nova tendência de gestão, é fundamental uma mudança de paradigma. A transição para uma Economia Circular demanda de uma mudança sistêmica, que afeta todos os constituintes da cadeia de valor, incluindo os setores de design, engenharia, ciência e

publicidade. Esta nova forma de pensar gera benefícios operacionais e estratégicos e estimula o crescimento económico, inteligente, sustentável e integrador (LEITÃO, 2015).

James (2021) acrescenta ainda que o sistema produtivo sustentável baseado na Economia Circular permite minimizar o consumo de recursos naturais e de energia e reduzir a geração de resíduos, ao passo que maximiza os valores nele agregados. Torna-se relevante esse modelo de negócio ao garantir a mesma qualidade de um produto novo, estando apto e condicionado para novas utilizações, além de ter manutenção para o aumento de via útil.

Sendo assim, o processo de Logística Reversa surge com o objetivo de planejar, implementar e administrar os fluxos de materiais envolvidos entre o ponto de consumo e o ponto de origem, cujo objetivo é de recapturar valor ou permitir o seu descarte de forma adequada (JUGEND, 2022).

2.2 Logística Reversa

A introdução da logística à atividade empresarial ganhou importância a partir da Segunda Guerra Mundial, no apoio às novas tecnologias produtivas, sendo que a distribuição de produtos e serviços tinha como principal foco suprir as demandas geradas pela sociedade e suas organizações (LEITE, 2017).

Com o passar dos anos, diversos aspectos compreendidos no processo ganharam mais relevância, como o preço, o relacionamento com fornecedores e clientes, a qualidade das matérias-primas, o armazenamento e a introdução de novas técnicas operacionais (SILVEIRA, 2018), dando início ao que se entende hoje como Gestão da Cadeia de Suprimentos, conceito que surge a partir da necessidade de analisar esse fluxo logístico de materiais e informações no decorrer de toda cadeia de suprimentos (LEITE, 2017).

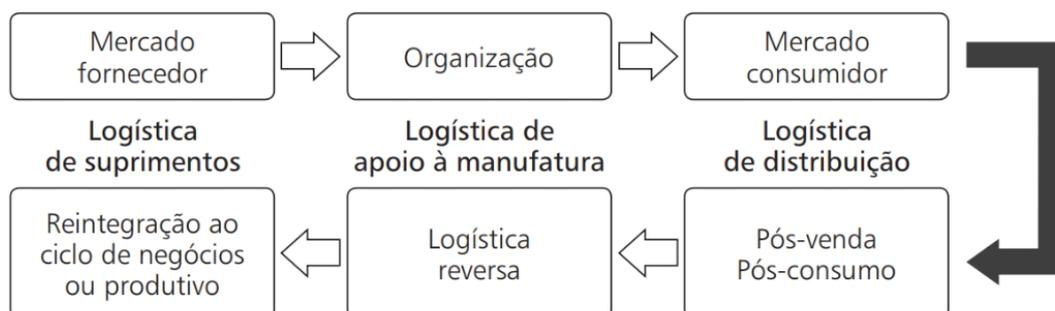
De acordo com Valle (2014), uma logística empresarial tem o propósito de suprir os requisitos e satisfazer os clientes. Dessa forma, passa a ser considerada uma das áreas mais relevantes para o sucesso de uma empresa baseada nesse processo produtivo. Isso porque envolve-se nos processos de planejamento, implementação e controle de um fluxo eficaz de matérias-primas, produtos acabados e informações relacionadas, garantindo a qualidade dos componentes que entram diretamente nas linhas produtivas e dos produtos nelas transformados.

Este fluxo inicia a partir da demanda de um cliente e só termina no atendimento de tal necessidade, visto que ele trabalha no mesmo sentido que o transporte de informações e serviços prestados no decorrer de todo o processo (FARIA, 2015).

Entretanto, com o significativo aumento de produção em nível global e, conseqüentemente, o exponencial crescimento de produtos descartados, tornou-se necessário um sistema mais eficiente, que seja capaz de controlar o fluxo de forma funcional do retorno desses bens ao centro produtivo, para que sejam adequadamente descartados, reparados ou reaproveitados (PEIXOTO, 2019).

De acordo com Leite (2017), existem quatro áreas operacionais da logística empresarial que priorizam a ideia de ciclo fechado em uma cadeia: a logística de suprimentos (que responsabiliza-se por suprir as necessidades dos insumos materiais da empresa), a logística de apoio à manufatura (designada por planejar, armazenar e controlar os fluxos internos), a logística de distribuição (encarregada da entrega dos pedidos recebidos) e a Logística Reversa, a mais nova área da logística (responsável pelo retorno dos produtos de pós-venda e de pós-consumo e a sua destinação correta). A Figura 3 identifica a relação entre elas.

Figura 3 - Áreas operacionais da logística empresarial



Fonte: Leite (2017).

Dessa forma, a Logística Reversa assume o papel de viabilizar esse retorno dos produtos acabados ou de seus componentes ao fluxo produtivo e de negócios, seja para descarte correto pós-consumo, como a reciclagem, ou para retornar ao ciclo de produção, podendo passar por processos de manutenção, reutilização ou remanufatura (VALLE; SOUZA, 2014), além de reduzir a poluição ambiental e os desperdícios de insumos e agregar valor econômico, sustentável, legal, de imagem corporativa, entre outros (PEIXOTO, 2019).

Leite (2017, p. 14), caracteriza a Logística Reversa como:

“[...] A área da logística empresarial responsável pelo planejamento, operação e controle dos fluxos reversos de diversas naturezas, insere-se nesse contexto tendo em vista que o equacionamento logístico de seus fluxos reversos permite satisfazer a diferentes interesses estratégicos.”

Pereira (2012, p. 14), ao analisar a abordagem e conceito de outros autores, entende o conceito de Logística Reversa como:

“[...] Uma das áreas da logística empresarial que engloba o conceito tradicional de logística, agregando um conjunto de operações e ações ligadas, desde a redução de matérias-primas primárias até a destinação final correta de produtos, materiais e embalagens com o seu consecutivo reúso, reciclagem e/ou produção de energia.”

Para mensurar o nível de impacto ambiental de um determinado produto ao longo de sua vida, a metodologia de análise do ciclo de vida útil permite estudar seus efeitos desde a extração das matérias-primas até sua destinação final (LEITE, 2017).

2.2.1 Análise do ciclo de vida do produto

O ciclo de vida de um produto é caracterizado como o período total das etapas ao longo de sua vida útil, desde a origem dos recursos produtivos no meio ambiente até seu declínio, passando pelos estágios intermediários e, se possível, pela revalorização energética. Dessa forma, todos materiais e procedimentos envolvidos na composição e fabricação do produto têm um importante impacto ecossistêmico e por isso devem atender aos critérios ambientais ao longo de todo seu ciclo (RODRIGUES, 2021).

Com objetivo de avaliar o desempenho ambiental dos produtos, a análise do ciclo de vida surge como um método técnico de avaliação ao ponderar de forma integral os impactos ambientais associados ao produto no decorrer de seu ciclo de vida (NETO, 2021), desde a extração da matéria-prima e obtenção de outros insumos envolvidos na sua fabricação até a sua disposição final (LEITE, 2017). Os aspectos relacionados com o uso do produto devem ser levados em consideração, como informações quanto à durabilidade, necessidades energéticas, potencial de contaminação, de reutilização e reciclagem, além dos impactos relacionados com a disposição final, incluindo a toxicidade, o volume de material, biodegradabilidade, dentre outros. (BRANDALISE, 2006)

Fukurozaki (2004) destaca a relevância da análise do ciclo de vida ao fornecer para as organizações algumas ferramentas para a tomada de decisão, avaliando alternativas relacionadas aos métodos de manufatura. As aplicações dessa ferramenta variam conforme a necessidade e interesse de cada organização, já que os inventários fornecidos acerca das entradas e saídas de cada produto permitem:

- a) mensurar as necessidades totais dos recursos, consumo de energia e emissões;
- b) identificar possíveis reduções das necessidades de recursos e emissões em um processo ou dentro de todo o ciclo de vida;
- c) comparar entradas e saídas do sistema em relação a produtos ou processos alternativos;
- d) auxiliar no desenvolvimento de novos produtos, processos ou atividades que tenham necessidades de recursos ou emissões reduzidos.

A Norma ISO 14040 determina que a análise do ciclo de vida precisa de um sequenciamento de atividades para fazer a análise de forma assertiva e fornecer à empresa informações sobre seu rendimento ambiental, informa Brandalise (2006). O Quadro 1 demonstra essas fases e suas descrições, respectivamente.

Quadro 1 - Fases da Análise de Ciclo de Vida de um produto

DEFINIÇÃO DO OBJETIVO E ESCOPO	ANÁLISE DO INVENTÁRIO	AVALIAÇÃO DE IMPACTO	INTERPRETAÇÃO
<ul style="list-style-type: none"> ● Propósito ● Escopo (limites) ● Unidade funcional ● Definição dos requisitos de qualidade 	<ul style="list-style-type: none"> ● Entrada + saída ● Coleta de dados <ul style="list-style-type: none"> ○ aquisição de MP e energia ○ manufatura ○ transportes 	<ul style="list-style-type: none"> ● Classificação <ul style="list-style-type: none"> ○ saúde ambiental ○ saúde humana ○ exaustão dos recursos naturais ● Caracterização ● Valoração 	<ul style="list-style-type: none"> ● Identificação dos principais problemas ● Avaliação ● Análise de sensibilidade ● Conclusões

Fonte: Brandalise (2006).

A primeira fase, classificada como “Definição do Objetivo e Escopo”, concebe toda a condução a fim de garantir a sua qualidade, desde a abrangência, limitações, metodologia e procedimentos necessários. É nesse momento que ocorre a revisão do planejamento inicial, de forma a atender o estabelecido nos objetivos do estudo, delimitando a extensão (início e fim do estudo do ciclo de vida), a largura (quantos e quais subsistemas abranger) e a profundidade (grau de detalhes do estudo). (BRANDALISE, 2006)

A segunda fase, classificada como “Análise do Inventário do Ciclo de Vida”, realiza a coleta e contagem de todas as variáveis incluídas durante o ciclo de vida ou um processo ou atividade. É realizada também a conferência dos procedimentos, a fim de certificar que os requisitos de qualidade definidos estão sendo seguidos. (BRANDALISE, 2006)

A terceira fase, classificada como “Avaliação de Impacto”, compreende um desempenho quantitativo e qualitativo de avaliação detalhada dos impactos ambientais, com base nos resultados adquiridos na fase anterior. (BRANDALISE, 2006)

A fase final, classificada como “Interpretação”, contém o diagnóstico e verificação dos resultados obtidos nas três fases precedentes. É através destes resultados que recomendações serão dadas aos tomadores de decisão, trazendo à tona as limitações que podem tornar os objetivos iniciais inconcebíveis. (BRANDALISE, 2006)

Com objetivo de reduzir o uso de recursos não renováveis e a geração de resíduos nocivos ao ambiente, essa ferramenta auxilia o papel da Logística Reversa na sustentabilidade. Sendo assim, sua atuação pode ser dividida em duas grandes áreas: a dos bens de pós-venda e a dos bens de pós-consumo (VALLE; SOUZA, 2014).

2.2.2 Fluxo logístico de pós-consumo

Caracteriza-se a vida útil de um determinado bem pelo tempo que decorreu desde o início da sua produção original até o momento em que o primeiro possuidor se desfaz dele. A área dos bens de pós-consumo engloba os produtos e materiais que cumpriram o limite de sua vida útil ou se encontram no seu estágio final de utilização (VALLE; SOUZA, 2014).

Esses bens ou suas partes constituintes passam à condição de bens pós-consumo ao retornarem ao ciclo produtivo, seja pela extensão da sua vida útil, ao ser reintegrados como matéria-prima secundária, ou simplesmente ser enviado à destinos finais tradicionais, como a coleta de lixo urbano, de forma segura e conforme a sua classificação (LEITE, 2017).

Os produtos de pós-consumo que retornam ao ciclo produtivo podem seguir para diversos destinos, conforme a maneira mais adequada de transformação deste bem. Dentre as classificações da Logística Reversa no pós-consumo, Luz e Silveira (2021) apresentam e definem cada um deles:

- a) Reuso: os produtos que têm a vida útil prolongada, com a mesma função pela qual o produto foi originalmente desenvolvido e sem a ocorrência de nenhum tipo de remanufatura;
- b) Desmanche: tais produtos passam pelo processo de desmontagem e são analisados quanto à viabilidade de utilização. Os materiais passíveis de uso são reconicionados e podem ser utilizados conforme o seu uso original, já os materiais sem condições de revalorização são direcionados ao processo de reciclagem industrial;

- c) Reciclagem: os materiais provenientes do processo de extração dos produtos desmontados transformam-se em matérias-primas secundárias que serão utilizadas na fabricação de novos produtos ou recicladas e reincorporadas à fabricação de novos produtos;
- d) Disposição final: é o último local, devidamente seguro ou não, que os produtos, materiais e resíduos sem condições de revalorização são destinados, seja ele um aterro sanitário controlado, lixão não controlado, incineração ou despejo em mares e rios.

2.2.3 Fluxo logístico de pós-venda

Atualmente, a chave de um relacionamento duradouro com os clientes e a garantia de assiduidade deles é a qualidade dos serviços prestados, sendo que alguns critérios como rapidez, confiabilidade, disponibilidade de estoque e política de flexibilidade operacional, se adotados em operações de venda, possibilitam agregar um perceptível valor aos clientes. Ao adequar produtos e processos às necessidades e valores solicitados, vai se construindo um relacionamento eficaz entre consumidor e fornecedor (LEITE, 2017).

Dessa forma, a Logística Reversa de pós-venda é a área caracterizada pelo planejamento, operação e controle do fluxo de materiais e informações dos bens, sem ou com pouco uso, que retornaram aos elos da cadeia de distribuição direta (LUZ; BOOSTEL, 2017).

Pereira (2012) apresenta as três diferentes categorias que são classificados os produtos envolvidos na Logística Reversa de pós-venda: retorno comercial, retorno de garantia/qualidade e substituição de componentes. Geralmente, esses itens são inseridos novamente no ciclo de negócios por razões comerciais como prazo de validade expirado, garantia, erro no processamento de pedidos, falhas/defeitos, problemas de estoque, avarias no transporte, entre outros motivos. Sendo assim, o objetivo da Logística Reversa varia de acordo com o motivo que levou a esse serviço logístico, podendo variar de acordo com a competitividade, a revalorização econômica ou objetivos logísticos (PEREIRA et al, 2012).

2.2.4 A Logística Reversa na indústria têxtil

A indústria têxtil e de confecções são umas das maiores geradoras de resíduos sólidos, variando em volume e composição, conforme o segmento de mercado (BARBOSA, 2015) e, de acordo com a NBR 10.004/2004, os resíduos têxteis são classificados como resíduos de

Classe II A - não perigosos e não inertes - e podem apresentar propriedades como biodegradabilidade, solubilidade em água ou combustibilidade. Caso ocorra algum tipo de contaminação, passam a ser classificados como resíduos de Classe I - perigosos -, provocando ou aumentando a incidência de riscos à saúde pública e ao meio ambiente (ABNT, 2004).

Milan *et al.* (2010) evidencia os desperdícios significativos causados pelas indústrias têxteis e de confecção, visto que o tecido sofre diversas transformações no decorrer de todo o processo produtivo. Essas modificações podem ocorrer devido ao mau planejamento de criação, baixa qualidade e padronização das matérias-primas, mão de obra ineficiente e máquinas inapropriadas.

Além disso, Avelar (2012) traz à tona que os processos químicos como tingimento e mercerização geram efluentes nocivos ao meio ambiente, visto que ambos alteram a estrutura da celulose ao colorir e tornar em fios ou tecidos com uma aparência lustrosa. O tratamento biológico destes despejos produz outro resíduo sólido, o lodo, que apresenta em sua composição altos teores de matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e micronutrientes, além de corantes com metais pesados e agentes patogênicos.

Para conseguir a redução de resíduos sólidos gerados nas confecções no ramo têxtil, algumas atividades do setor de engenharia de produto, como melhorias no processo produtivo, disposição e armazenagem adequadas, estratégias de modelagem no otimização e precisão das peças constituem ações que visam o máximo aproveitamento da matéria-prima (MILAN *et al.*, 2010; MESACASA, 2012).

Levando em consideração os principais resíduos gerados na produção têxtil e de confecção, as medidas para suas logísticas reversas variam conforme o resíduo sólido, sendo que os processos de reutilização e reciclagem também permitem o máximo aproveitamento desses materiais. Barbosa (2015) identifica outros processos de Logística Reversa possíveis:

- a) Retalhos de tecidos: confecção de peças e brinquedos, enchimento de almofadas e customizações;
- b) Cascas e piolhos do algodão: destinação para reaproveitamento como adubo orgânico;
- c) Matéria-prima não processada: confecção de fios menos nobres, malhas para sacarias, ou correta destinação para empresas que recuperam este material;
- d) Lodo: destinação para reaproveitamento como adubo orgânico, geração de energia, fabricação de componentes da construção civil e matéria-prima para produção de cerâmicas.

Existem, no Brasil, empresas responsáveis pelo processo de reciclagem de tecido. O procedimento inicia com o através do rasgo do tecido em pedaços pequenos e adição de poliéster, para a formação de fibras mistas. Com uma máquina chamada maçarqueira, a fibra é afinada e torcida em uma bobina, e retorna ao filatório, onde é feito o fio. Dessa forma, o tecido retorna ao processo produtivo novamente como matéria-prima, dando início a um novo processo de industrialização (WARTHA; HAUSSMANN, 2006).

Outra possibilidade de reciclagem é a sua transformação em não tecido, uma estrutura “plana, flexível e porosa, constituída de véu ou manta de fibras”, cuja algumas aplicações podem ser identificadas em uso doméstico (tapetes, cortinas, cobertores), médico-hospitalar (máscaras, ataduras, gazes), construção civil (impermeabilização e isolamentos térmico e acústico) e higiene pessoal (fraldas e absorventes femininos) (MOTTA *et al.*, 2011).

2.2.5 A Logística Reversa na indústria metalúrgica

A indústria siderúrgica é a responsável pelos processos de fabricação de produtos à base de aço. Esses materiais apresentam um papel decisório na economia, especialmente por desencadear outras diversas cadeias produtivas. Essa indústria é atualmente uma das maiores consumidoras de energia e de materiais, além de geradora de volumes altos de resíduos sólidos e efluentes líquidos e gasosos (ASSIZ, 2016).

À vista da preocupante escassez dos recursos naturais não renováveis, as empresas do ramo da siderurgia estão buscando cada vez mais processos eco eficientes que auxiliem na redução de desperdício e façam o reuso dos seus materiais. Por meio da Logística Reversa, o aço tem a vantagem de ser totalmente reciclável, visto que é processado e transformado em matéria-prima do aço nas usinas semi-integradas (ASSIZ, 2016).

Prebianca e Silva (2021) ainda acrescentam que as empresas siderúrgicas podem reduzir custos pelo reaproveitamento dos materiais, otimizando o seu uso antes de recolocá-lo no processo produtivo como matéria prima, além da possibilidade de obter retorno por meio da coleta de produtos defeituosos, para que seja dado um destino adequado.

2.3 Simulação Computacional

Utilizada como uma ferramenta relevante de planejamento, projeto e controle de sistemas produtivos complexos, a simulação computacional surge como uma metodologia na modelagem e análise de problemas (SILVA, 2006), visto que permite um estudo mais

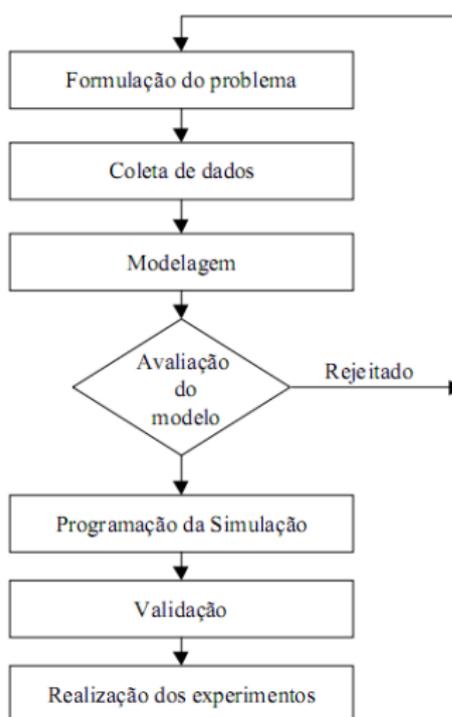
avançado de análise e interpretação de procedimentos reais e, conseqüentemente, corrige erros em menor tempo e com menor custo.

Segundo Lima *et al.* (2011), o uso da simulação em ambientes industriais permite auxiliar no planejamento de layouts e da capacidade das plantas de fábricas, na definição dos tamanhos de estoques, no desenvolvimento de processos, na avaliação dos impactos das estratégias de manufatura, entre outros.

Banks *et al.* (2005) acrescenta que uma das principais beneficiações ao utilizar um modelo de simulação é a possibilidade de visualizar de forma macro os efeitos de micro mudanças no sistema. Além do mais, Moreira (2001) aponta a necessidade de ter os objetivos prévia e claramente definidos, permitindo um controle da amplitude e profundidade das análises realizadas e dos recursos nela disponíveis.

Lima *et al.* (2011) apresentam um fluxograma com as etapas a serem seguidas para que um trabalho de simulação possa ser desenvolvido de maneira precisa, conforme mostrado na Figura 4. Com o problema e objetivos devidamente formulados, é necessário a realização da coleta de dados para posterior tratamento, a fim de identificar falhas e variabilidade fora do comum. Essa etapa permite que se obtenha dados mais precisos, resultando em um modelo mais assertivo.

Figura 4 - Fluxograma do processo de simulação



Fonte: Lima *et al.* (2011).

A modelagem é responsável por maximizar o conhecimento acerca do sistema completo, considerando todos os setores e seus processos produtivos envolvidos (CORMACK, 2016). É na etapa de avaliação do modelo que busca-se compreender se os objetivos propostos com a simulação estão sendo atendidos e representados de forma correta no sistema de estudo. Os testes são realizados desde os dados de origem e são decisivos para o êxito das fases seguintes do processo de simulação, visto que dados incoerentes afetam todo o devido funcionamento (LEAL, 2003).

Após finalizar a construção, verificação e validação do modelo de simulação conceitual dos processos produtivos, já é possível a realização dos experimentos através do modelador (Sanchez, 2007), etapa que requer estabelecimento de critérios de condução, de forma a evitar deduções errôneas por parte do modelador e usuário (LIMA *et al.*, 2011).

Essa demonstração simplificada de um sistema por meio de modelos computacionais permite aumentar a percepção e capacidade de entendimento do seu comportamento e, caso seja necessário, realizar as devidas modificações (LIMA *et al.*, 2011).

2.3.1 A técnica do IDEF-SIM

A etapa mais importante para um estudo de simulação é a modelagem denominada modelo conceitual, fase de concepção e representação do modelo abstrato que está na mente do analista, de modo que o torne mais fiel à realidade e compreensível para outras pessoas (LEAL *et al.*, 2011).

Oliveira (2010) aponta que existem centenas de técnicas para modelagem de processos desenvolvidas para auxiliar no processo de simulação, contemplando diferentes princípios, objetos, símbolos e entidades. Entretanto, apesar da grande quantidade de técnicas, Leal *et al.* (2009) identificaram algumas brechas nos mecanismos envolvidos no suporte ao modelo computacional: dependendo das diferentes aplicações, algumas técnicas não permitem a representação gráfica dos recursos.

Com o intuito de ser compatível a projetos de simulação e melhorias em geral, Leal *et al.* (2009) propuseram a IDEF-SIM (*Integrated Definition Methods – Simulation*), técnica responsável pela geração de modelos conceituais com informações capazes de reduzir o tempo necessário de formulação do modelo computacional. Os elementos e símbolos utilizados estão apresentados na Figura 5.

Figura 5 - Simbologia utilizada na técnica proposta IDEF-SIM

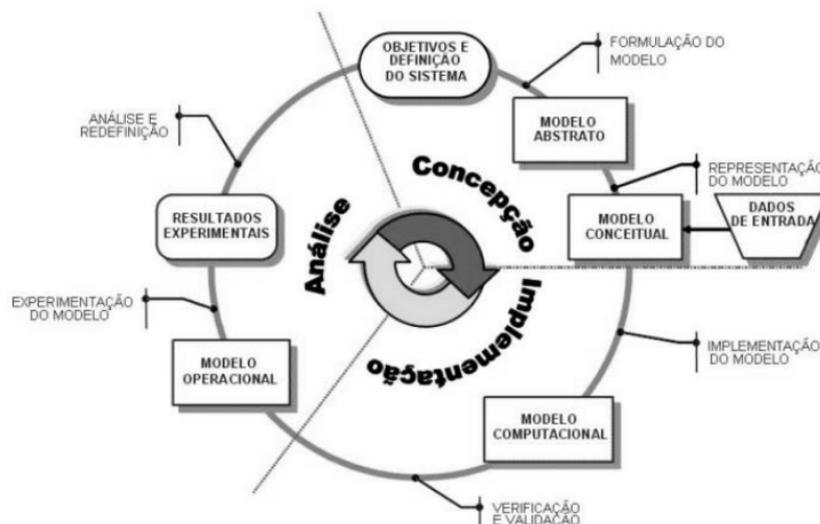
Elemento	Símbolo	Descrição
Entidade	○	itens a serem processados pelo sistema
Funções	□	representam os locais onde a entidade sofrerá alguma ação
Fluxo da entidade	→	caracterizando os momentos de entrada e saída da entidade nas funções
Recursos	□ ↑	representam elementos utilizados para movimentar as entidades e executar funções
Controles	□ ↓	regras utilizadas nas funções
Regras para fluxos paralelos e/ou alternativos	□ a	Regra E após esta função os caminhos podem ser executados juntos
	□ x	Regra OU após esta função os caminhos são alternativos
	□ o	Regra E/OU permitindo ambas as regras
Movimentação	⇨	representa um deslocamento de entidade
Informação explicativa	----->	inserir uma explicação no modelo
Fluxo de entrada no sistema modelado	⇨	define a entrada ou criação das entidades dentro do modelo
Ponto final do sistema	●	defini o final de um caminho dentro do fluxo modelado
Conexão com outra figura	△	utilizado para dividir o modelo em figuras diferentes

Fonte: Lima *et al.* (2011).

2.3.2 Análise de resultados a partir da simulação

Um projeto de simulação é responsável pela formulação de hipóteses, elaboração de experimentos e validação das hipóteses através dos resultados obtidos (LIMA *et al.*, 2015). Dessa forma, Chwif e Medina (2010) ilustram as três grandes etapas que compõem o seu desenvolvimento: concepção, implementação e análise, conforme a Figura 6.

Figura 6 - Metodologia da Simulação



Fonte: Chwif e Medina (2010, p. 12).

É na etapa de concepção que compreende-se o sistema a ser simulado, de forma a definir os objetivos, escopo, hipóteses e nível de detalhamento (LIMA *et al.*, 2015). Na sequência, é formalizado o modelo abstrato, que permite identificar e ordenar cada tarefa envolvida para a elaboração do modelo conceitual através de ferramentas do mapeamento de processo (PEREIRA *et al.*, 2019).

Nesta primeira fase também devem ser coletados os dados necessários para integrar a construção do modelo conceitual. É fundamental que esse conjunto de informações que irá alimentar o modelo seja adequado ao processo, uma vez que, se os dados inseridos no modelo conceitual são inválidos ou incoerentes, indiscutivelmente os resultados atingidos por ele serão, de forma igual, inválidos ou incoerentes (CHWIF, 1999).

Por sua vez, a etapa de implementação é caracterizada pela construção do modelo computacional por meio de algum software específico (PEREIRA *et al.*, 2019), utilizando de uma linguagem de simulação ou de um simulador comercial (CHWIF, 1999). A verificação consiste em analisar a coesão da lógica empregada, avaliando se o modelo está operando de acordo com o esperado, ao passo que a validação garante uma representação fiel do sistema real sob as mesmas condições (LIMA *et al.*, 2015), dentro dos objetivos da simulação propostos.

A etapa final, nomeada como etapa de análise, realiza experimentos e simula os cenários. Segundo Chwif (1999), várias sequências do modelo são efetuadas e os resultados são analisados a partir de técnicas estatísticas. Os resultados gerados são documentados e transformam-se em recomendações, conclusões e indicações sobre o modelo computacional desenvolvido e, caso seja necessário, o modelo pode sofrer alterações e o ciclo reiniciado (PEREIRA *et al.*, 2019).

Embora os passos para implementação do modelo de simulação estejam dispostos em uma determinada sequência linear, em um estudo prático é comum que isso seja alterado. As diversas interações e realizações no processo ao longo do entendimento do problema podem interferir nessa lógica (CHWIF, 1999).

2.4 Estudo de viabilidade técnico-econômica

As organizações com frequência enfrentam desafios acerca de comprar ativos imobilizados, alocar capital, lançar um determinado produto e entrar em mercados desconhecidos, por exemplo. Decisões como essas farão diferença na natureza das operações

de uma empresa nos anos seguintes, visto que os investimentos geralmente têm uma vida útil extensa e dificilmente podem ser revertidos (ROSS; WESTERFIELD; JORDAN, 2022).

A análise de investimentos surge como uma ferramenta que permite qualificar e avaliar as decisões econômicas e seus resultados, para uma tomada de decisão mais assertiva e eficaz, conforme os objetivos da empresa (FERREIRA, 2005). Conforme acrescenta Silva (2005), a avaliação econômica consiste em um conjunto de metodologias com o objetivo de analisar as melhores decisões do ponto de vista econômico, que seja capaz de maximizar o valor agregado e o retorno de capital.

Para Neto e Lima (2016), um processo de avaliação e seleção de melhores alternativas de investimentos abrange alguns tópicos básicos de estudo, como dimensionamento dos fluxos de caixa, avaliação econômica dos resultados fundamentado em técnicas de análise, definição da taxa de retorno e sua aplicação para o critério de aceitação do projeto.

Diversas técnicas podem ser aplicadas no processo de avaliação dos fluxos de caixa futuros. As análises das projeções de comportamentos podem ser feitas a partir de um procedimento simples e de rápido cálculo, enquanto outras consideram o valor do dinheiro em função do tempo (FERREIRA, 2005). Segundo Santos et. al (2010), cabe destacar:

2.4.1 Fluxo de caixa

O Fluxo de Caixa corresponde à confrontação de entradas e saídas de caixa em determinado cronograma do tempo. Esse método permite evidenciar as operações financeiras que serão realizadas pela empresa, permitindo uma análise para decisão de diversos fatores, como os recursos financeiros disponíveis, a relação das linhas de crédito, a quantidade disposta de capitais próprios, entre outros.

Segundo Reis (2017), um relatório de fluxo de caixa é um componente fundamental para as atividades da empresa, garantindo que a tomada de decisão seja assertiva e a elaboração de projetos e planejamento para próximos períodos seja facilitada.

Para que esteja bem estruturado, um fluxo de caixa deve ser composto pelas atividades operacionais, atividades de investimentos e atividades de financiamento. De acordo com Costa e Saurin (2008), podem ser consideradas atividades operacionais todas aquelas destinadas ao cumprimento de obrigações, como o pagamento de funcionários, fornecedores e impostos, além de todo e qualquer destinado às áreas de vendas e de produção. Já nas atividades de investimento, é interessante que após o pagamento de todas as obrigações, sejam aplicados os remanescentes em imóveis, veículos, estoques, participações em outras

empresas, com o propósito de retornar benefícios e folga financeira (COSTA E SAURIN, 2008). Por fim, em relação às atividades de financiamento, têm-se as atividades referentes aos empréstimos e financiamentos que alteram o patrimônio da entidade, além dos pagamentos de dividendos aos acionistas, resgate de ações, amortização de empréstimos, entre outros (COSTA E SAURIN, 2008).

Para Silva (2005), é importante acrescentar também:

2.4.2 Períodos de *payback* (PB)

O *Payback* corresponde ao tempo necessário para que o investimento seja recuperado. Esse método mede a liquidez do projeto, mas desconsidera alguns critérios importantes como o valor do dinheiro do decorrer do tempo e fluxos de caixa após o período de *payback*.

$$\text{Payback} = \frac{\text{Investimento Inicial}}{\text{Fluxo de Caixa do Período}}$$

Seu critério de aprovação está associado ao período limite arbitrário estipulado no início do projeto, sendo que o período de *payback* deverá ser inferior a este limite.

A aprimoração desse método pode ser feita através do cálculo de “*payback* descontado”, calculando-se o tempo de retorno do capital investido a partir do valor presente dos fluxos de caixa.

2.4.3 Valor presente líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido corresponde a trazer todos os fluxos futuros para o valor atual, considerando o desconto de uma taxa de juros, chamada de taxa mínima de atratividade.

$$V_{PL} = \sum_{n=1}^{n=N} \frac{FC_t}{(1+i)^n}$$

O resultado permite estabelecer o critério de aprovação do projeto, sendo que:

- VPL > 0: o fluxo de caixa agrega valor e é atrativo, ou seja, aprovaria o projeto;
- VPL = 0: o fluxo de caixa obtém um retorno igual ao retorno mínimo exigido, ou seja, seria indiferente a realização do projeto;
- VPL < 0: o fluxo de caixa destrói valor, ou seja, reprovava o projeto.

2.4.4 Taxa interna de retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno corresponde à rentabilidade do fluxo de caixa, ou seja, é a taxa de juros que iguala o VPL dos fluxos de caixa a zero.

$$\sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t} = 0$$

O resultado permite estabelecer o critério de aprovação do projeto, sendo que:

- TIR > taxa mínima: o projeto agrega valor, visto a empresa obtém uma taxa de retorno maior que a taxa de retorno mínima exigida, ou seja, aprovaria o projeto;
- TIR = taxa mínima: a empresa obtém uma taxa de retorno exatamente igual à taxa de retorno mínima exigida, ou seja, seria indiferente a realização do projeto;
- TIR < taxa mínima: o projeto destrói valor, visto que a empresa obtém uma taxa de retorno menor que a taxa de retorno mínima exigida, ou seja, reprovaria o projeto.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para Gil (2002, p.17), uma pesquisa pode ser definida como “um procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos”. Há inúmeros procedimentos metodológicos que poderão ser utilizados para investigar e alcançar o objetivo proposto, através de materiais, caminhos e protocolos específicos, conforme o objetivo a ser analisado. Sendo assim, a etapa da metodologia apresenta os métodos adotados na realização deste projeto de pesquisa (CHEMIN, 2022).

3.1 A pesquisa quanto ao método científico

O método de abordagem dedutivo parte de teorias gerais para prever conclusões e reconhecer hipóteses como verdadeiras, chegando em determinadas conclusões e fenômenos do objeto (RAMOS, 2009; CHEMIN, 2022). A explicação do conteúdo dessas premissas é feita através de uma cadeia de raciocínio. Isso quer dizer que, a construção lógica é decrescente: a partir de duas afirmações é possível obter-se uma terceira decorrente, considerada a conclusão dessa explicação (LOZADA, NUNES, 2019).

Para esse projeto de pesquisa, o método dedutivo será utilizado para identificar o melhor mapeamento de processos na implantação da Logística Reversa, através de “informações da revisão teórica [...] como orientadores da análise do estudo de caso” (CHEMIN, 2022)

3.2 A pesquisa quanto à abordagem

O método quali-quantitativo abordado neste projeto de pesquisa se deve ao objetivo de compreender de forma mais profunda determinado fenômeno. Sendo assim, ao utilizar

procedimentos quantitativos e qualitativos em um mesmo estudo, Chemin (2022) destaca que é possível “formular o problema de maneira mais clara, produzir dados mais ‘ricos’ e variados [...], apoiar de maneira mais sólida as inferências científicas e permitir que os dados sejam melhor explorados e aproveitados”. O conjunto de processos sistemáticos de coleta e análise de dados quantitativos e qualitativos permite obter um maior entendimento do fenômeno em estudo (SAMPIERI, 2013).

Conforme apresenta Sampieri (2013), uma pesquisa com abordagem quantitativa é caracterizada pelo intuito de comprovar hipóteses a partir da manipulação dos dados obtidos. No caso do presente estudo, a simulação de eventos discretos e a posterior análise de viabilidade são simbolizados numericamente, permitindo que sejam interpretados de forma mais efetiva por meio de métodos estatísticos. Em contrapartida, a abordagem qualitativa, também conforme Sampieri (2013) define, visa aperfeiçoar tal processo de análise e apreciação do tema, por meio da análise de dados não numéricos coletados. No caso do presente estudo, a condução dos dados, tendo como foco a metodologia, permite identificar as motivações no que diz respeito a um aspecto realista.

3.3 A pesquisa quanto ao objetivo

O presente projeto de pesquisa é classificado pelo seu caráter descritivo, visto a sua “finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis”, proporcionando uma nova visão ao problema (GIL, 2002, p. 42) ao descrever sobre os fatos e fenômenos investigados (GERHARDT; SILVEIRA, 2009).

De acordo com Chemin (2022), essa abordagem permite conhecer de forma aprofundada uma realidade específica, em que os resultados atingidos sejam capazes de formular hipóteses para o encaminhamento de outros estudos. Esse tipo de pesquisa parte do princípio de descobrir a frequência que um fato tende a ocorrer, levando em consideração suas características, causas e relações com outros fatos. Sendo assim, são utilizadas técnicas próprias, como entrevistas, formulários e testes (PRODANOV; FREITAS, 2013).

3.4 A pesquisa quanto aos procedimentos

Chemin (2022) sugere que, ao realizar uma pesquisa, sejam confrontados os materiais consultados com os dados da realidade. Sendo assim, faz-se necessária a especificação dos caminhos percorridos para coleta e análise de dados e os procedimentos técnicos envolvidos.

Diversos procedimentos podem ser alocados aos estudos científicos e, para o presente projeto de pesquisa, serão utilizados o estudo de caso e a pesquisa bibliográfica como procedimentos técnicos principais.

Segundo Gil (2002), o estudo de caso é o delineamento mais adequado para a investigação de um fenômeno ao desenvolver teorias e/ou explicar as suas variáveis causais. Esse tipo de pesquisa, classificada como aplicada, investiga um objeto de estudo de forma mais aprofundada, buscando a aplicação prática de conhecimentos para a solução de problemas sociais. Para sua realização, faz-se necessário alguns objetivos, como objetivação e coerência, que permitam a aplicação imediata dos conhecimentos (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A pesquisa bibliográfica, segundo Gil (2002), é desenvolvida a partir de materiais que já foram anteriormente publicados, sendo que a sua realização facilita ao pesquisador investigar os fenômenos de forma mais ampla e adequada do que aquela que necessita uma pesquisa direta. Prodanov e Freitas (2013) destacam que, a realização de uma pesquisa bibliográfica demanda de uma atenção do pesquisador quanto à veracidade dos dados obtidos.

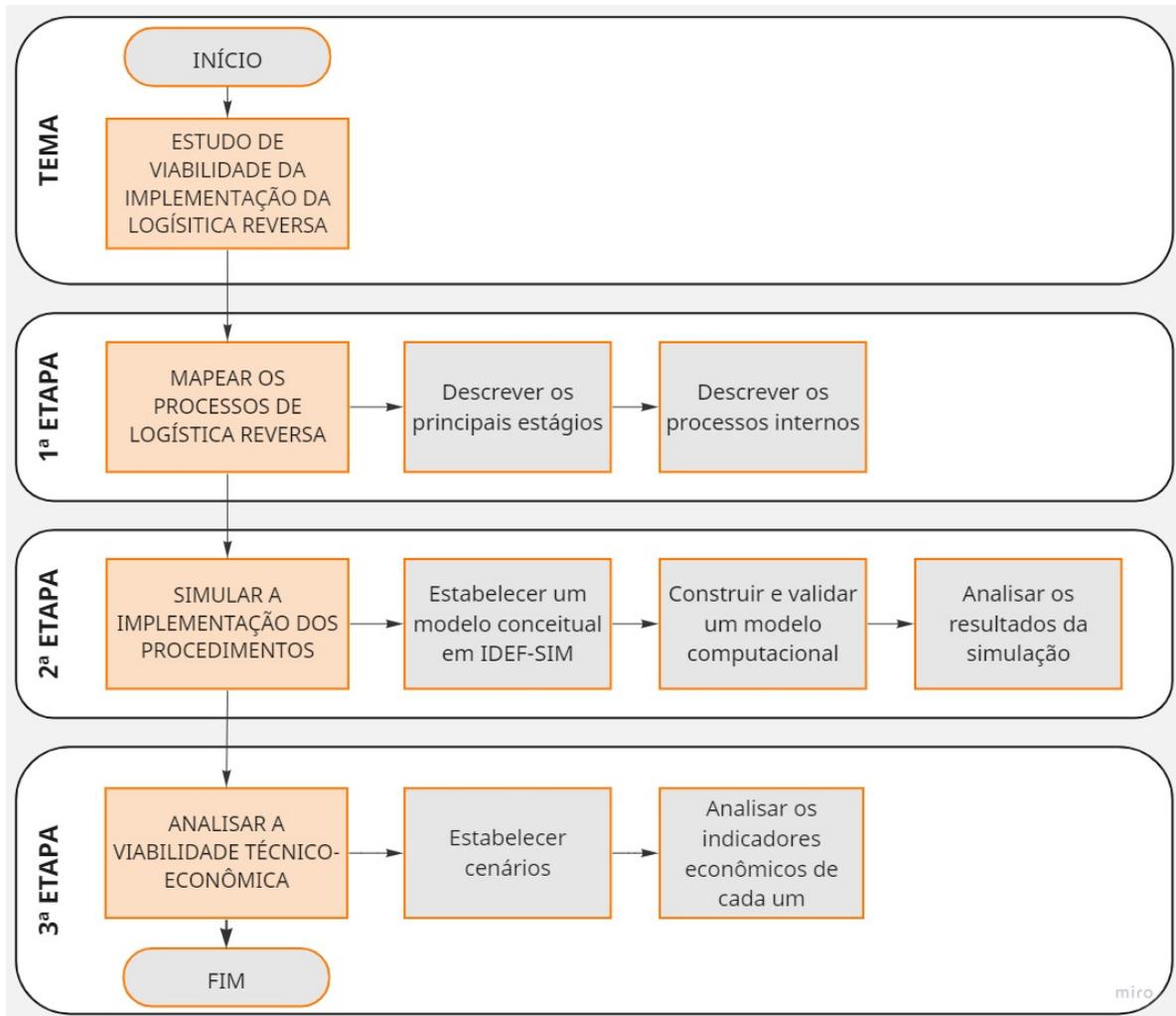
Dessa forma, a metodologia científica do presente projeto de pesquisa pode ser verificada nas etapas, conforme mostrado na Figura 7.

Para o desenvolvimento deste estudo, estabeleceu-se como sendo a primeira etapa o mapeamento dos principais procedimentos de um sistema de Logística Reversa. Essa fase permitiu compreender o funcionamento com os pontos de coleta, o transporte, a armazenagem e a distribuição dos produtos a serem retrabalhados. Também, nessa etapa, buscou-se compreender as características de cada processo de transformação: os critérios para direcionar a cada um deles e quais são os procedimentos a serem seguidos.

A partir dessas definições, na segunda etapa foram realizadas simulações. Inicialmente, foi desenvolvido o modelo conceitual em IDEF-SIM, de forma a descrever graficamente a proposta de simulação, servindo como base para o desenvolvimento do modelo computacional no software FlexSim, a fim de conhecer os pontos de coleta, a distância a ser percorrida, o volume a ser coletado e outras informações que sejam relevantes no processo de retorno dessas mercadorias.

A partir dessas definições, na terceira e última etapa, com a sequência ideal e todos os estágios de procedimentos definidos, foi elaborados 3 cenários distintos para o estudo de viabilidade técnico-econômica, analisando o fluxo de caixa, períodos de *payback*, valor presente líquido e taxa interna de retorno de cada um deles.

Figura 7 - Fluxograma das etapas de execução da metodologia científica



Fonte: Da autora (2023).

4 ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA

Para o desenvolvimento da análise, neste capítulo está contextualizada a empresa na qual o estudo foi realizado, bem como as descrições do canal reverso na empresa e dos processos internos e o mapeamento ideal dos processos para implementação de uma Logística Reversa, encontrado através de uma simulação de eventos discretos. A análise de viabilidade técnico-econômica, ao final, verifica se há eficácia em desenvolver um plano de ação acerca desse processo.

4.1 Contextualização da empresa

Presente no mercado desde 2009 e localizada em Garibaldi, na Serra Gaúcha, a empresa MAVE Comércio de Acessórios é especialista em acessórios para segurança de cargas. Seu público-alvo abrange desde o comércio atacadista e varejista - de acessórios para caminhões, ferramentas em geral e implementos agrícolas - até alguns consumidores finais específicos - como indústria civil, transportadoras e serviços de guinchos e reboques.

A empresa comercializa linhas de produtos importados e linhas de produtos com produção própria e suas operações atendem todos os 27 estados brasileiros. A logística de importação de alguns produtos inicia com a compra de matéria-prima de origem Chinesa, montagem e produção em uma empresa localizada no Uruguai, e segue com a exportação para a matriz em Garibaldi, onde os produtos são separados e enviados para os clientes de diversas regiões do Brasil. Já a logística de produção dos extensores elásticos de lona é feita através da compra de matéria-prima nacional e linhas de produção na fábrica garibaldense, de onde, assim como os produtos acabados, são separados e enviados para todo o país. A empresa também conta com um setor de produção de itens personalizados, criados a partir da

necessidade dos clientes. Dessa forma, a composição de algumas peças de tamanhos e cores especiais, como redes e conjuntos de amarração específicos, também é feita internamente.

Atualmente, a empresa conta com mais de 60 colaboradores diretos e indiretos, divididos nas áreas de produção, administrativo, comercial, gestão de pessoas, logística, expedição, financeiro e contábil, ligados por sua vez em uma escala de hierarquia, além dos colaboradores das empresas parceiras.

A empresa dispõe de investimento contínuo nos mais diversos processos, e por isso o reconhecimento no mercado de acessórios para amarração de carga é decorrente de um compromisso com o atendimento diferenciado e da qualidade e credibilidade dos produtos.

A MAVE conta hoje com o processo de Logística Reversa de pós-venda - sendo que os itens com erro no processamento de pedidos, falhas ou defeitos ou avarias no transporte são inseridos novamente no ciclo de negócios - e tem por objetivo a redução do volume de descarte, além de valorizar a marca e de seus produtos ao adaptar-se ao processo de Logística Reversa de pós-consumo também.

4.2 Mapeamento do processo de Logística Reversa

A metodologia de Logística Reversa de uma empresa, assim como qualquer outro processo produtivo, necessita de um planejamento elaborado, com ações delimitadas desde a coleta e triagem até o reuso, desmanche ou reciclagem. Além disso, se faz necessário uma avaliação minuciosa conforme for sendo feita a sua implantação.

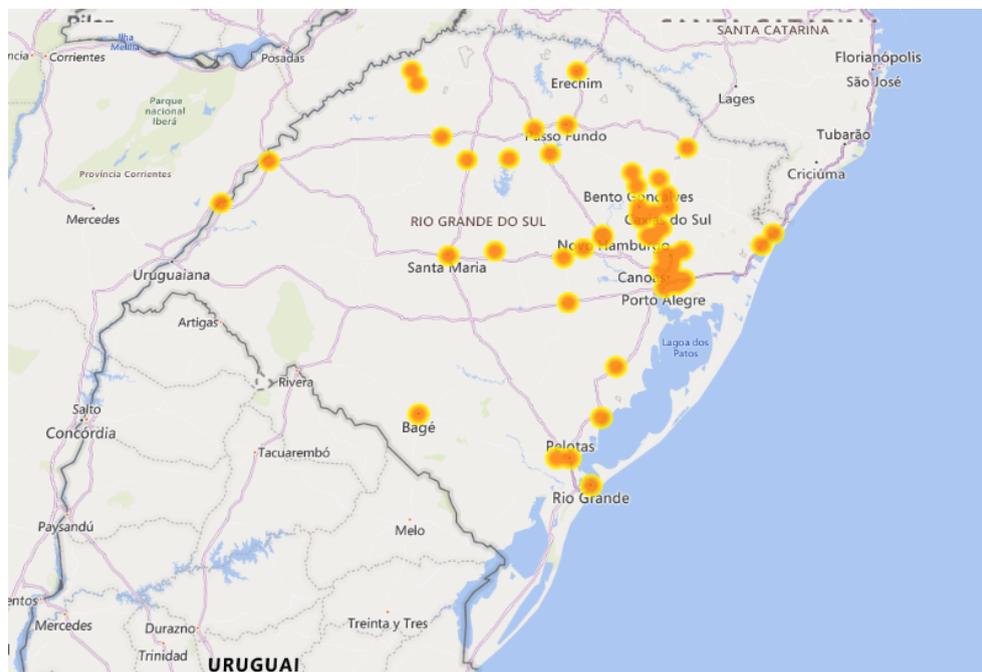
É válido compreender as etapas fundamentais da Logística Reversa, que iniciam na conscientização dos consumidores finais sobre a importância desse sistema, que serão os responsáveis por devolver o produto a distribuidores específicos, estes que ficarão encarregados de remeter à empresa, cuja necessidade é de analisar o produto e encaminhar para o processo mais adequado.

4.2.1 Pontos de entrega voluntária

Os consumidores finais, em sua maioria, podem adquirir os produtos através de distribuidores, sejam postos de combustível ou lojas de auto peças, ferragens e agrícolas, com exceção às transportadoras e indústria civil, consumidores finais que possuem canal direto com a empresa.

O fluxo de retorno dos produtos pós-consumo inicia com o recebimento destes em pontos estratégicos de coleta. Para descobrir quais são os clientes ideais a serem convidados como parceiros desse projeto, foi feita uma relação de todos os consumidores do estado do Rio Grande do Sul e seu consumo médio mensal (Apêndice A). A partir dela é possível definir um mapa de calor com os pontos de concentração de clientes que têm os maiores volumes de compra, como é possível verificar na Figura 8.

Figura 8 - Mapa de calor com os pontos de maior concentração de clientes



Fonte: Da autora (2023).

Através do mapa de calor, é possível identificar as regiões de maior concentração de clientes e seus consumos médios mensais: Passo Fundo, Caxias do Sul, Canoas e Pelotas. Assim, a simulação computacional por meio do software FlexSim permite definir a melhor rota a serem realizadas as coletas nos pontos definidos. O desenvolvimento da simulação pode ser verificado no subcapítulo “4.4.2 - Construção de um modelo computacional”.

4.2.2 Gestão de Transporte

Essa etapa é altamente relevante no processo de Logística Reversa, tanto do ponto de vista econômico quanto do ponto de vista ambiental. O transporte, se bem administrado, permite reduzir os custos e os impactos ambientais, independentemente se for realizado por terceiros ou internamente, com o veículo da empresa.

A vantagem de ter as operações realizadas pela própria empresa se dá através de um mapeamento de rotas, permitindo o levantamento do volume que poderá ser transportado pelo veículo, da quantidade de combustível necessária e dos pontos de coleta que poderão ser atendidos. Nessa etapa, a simulação permite que o tempo de viagens e o número de veículos e trabalhadores envolvidos sejam otimizados.

As operações diretas de transporte são realizadas por transportadoras para as entregas feitas fora do estado ou em cidades distantes da matriz da empresa, localizada em Garibaldi/RS. Por sua vez, é possível que alguns clientes sejam atendidos pela frota própria da empresa, em instalações físicas próximas.

Sendo assim, como a simulação do presente trabalho será feita apenas no estado do Rio Grande do Sul, a estratégia é que a coleta e transporte dos produtos seja feita por meio de frota interna.

Para identificar a melhor rota, qual a ordem ideal de coleta, o gasto total de combustível, bem como o volume de mercadoria a ser coletado, a simulação computacional através do software FlexSim é o meio mais adequado. O desenvolvimento da simulação computacional pode ser verificado no subcapítulo “4.4.2 - Construção de um modelo computacional”

4.3 Descrição dos processos internos de Logística Reversa

A ideia é de que as mercadorias descartadas nos pontos autorizados distribuídos pelo estado sejam encaminhadas à empresa em Garibaldi, onde podem passar por até três sistemas de Logística Reversa, sendo eles: o reuso, o desmanche e a reciclagem.

4.3.1 Triagem

Independentemente do sistema pelo qual o produto será destinado após a chegada na empresa, é necessário que ele passe inicialmente por uma etapa de pré-processamento. Nesse processo, é possível analisar cada mercadoria retornada, examinando o seu estado e a qualidade de sua estrutura: se há condições de uso, os bens poderão ser reutilizados e reestruturados; se a vida útil chegou ao fim, o produto poderá ser desmanchado e ter seus componentes reaproveitados ou remanufaturados e; caso não seja possível utilizá-lo de nenhuma forma, o item deve ser reciclado ou descartado de maneira adequada.

Essa etapa é muito importante para direcionar o produto ao sistema ideal para seu reaproveitamento, fazendo com que a estrutura seja melhor trabalhada num geral e valorizando de forma certa o trabalho realizado.

Nessa fase do processo, o lote recebido tem cada produto analisado individualmente. Porém, cabe citar que eles ainda não são desmontados, descaracterizados ou desmanchados, visto que essas atividades dependem do sistema a qual o produto será encaminhado.

4.3.2 Armazenagem

Essa etapa serve como um estoque intermediário dos produtos vindos do sistema de Logística Reversa. Esse processo tem por objetivo acondicionar os produtos para que eles possam ser reprocessados posteriormente.

A armazenagem se faz necessária porque nem todos os produtos serão desmanchados, reutilizados ou reciclados imediatamente após processo de triagem. Isso porque, dependendo do sistema, o produto só será trabalhado a partir de uma necessidade (como o processo de reestruturação) ou a partir da criação de um lote mínimo (como é o caso da reciclagem).

Para que a identificação das mercadorias destinadas a cada um dos sistemas seja eficaz, após o processo de triagem todas são separadas em caixas e estantes específicas, permitindo a fácil movimentação. Além de práticas, é fundamental que sejam resistentes e encaixáveis, conforme mostrado nas Figuras 9, 10 e 11.

Figura 9 - Estante de armazenamento para o sistema de reuso



Fonte: Macro Estantes (2023).

Uma estante permite acondicionar todos os itens passíveis de reuso, organizando da prateleira mais alta para a prateleira mais baixa conforme capacidade do item.

Figura 10 - Estante gaveteiro para o sistema de desmanche



Fonte: SuperPRO Atacado (2023).

A estante gaveteiro permite que todos os itens desmontados fiquem organizados no mesmo local, considerando gancho, cintas e seus retalhos e catracas móveis. Nas duas fileiras superiores, podem ser acondicionados os itens de capacidade de até 2000 kg. Os itens com capacidade entre 3000 kg e 5000 kg podem ser organizados nas três linhas intermediárias, enquanto os itens de capacidade de 7000 kg e 10000 kg devem ser organizados nas duas inferiores. É fundamental que as “gavetas” sejam devidamente etiquetadas, permitindo uma fácil visualização do modelo e capacidade de cada item.

Figura 11 - Caixa de armazenamento para sistema de reciclagem



Fonte: IW8 Indústria, Comércio e Representação (2023).

As caixas de armazenamento são práticas e resistentes para acondicionar os itens pré e pós sistema de reciclagem. Em uma delas, serão reunidas todas as cintas que serão destinadas ao processo de desfibragem e, posteriormente, em outra caixa, serão guardados todas as estopas transformadas. Da mesma forma, para o armazenamento de todas as catracas e ganchos que serão enviados para reciclagem externa, essa caixa permite uma fácil movimentação, além de ser muito robusta.

4.3.3 Sistemas de Controle

Para o sistema de reuso, é fundamental que seja feito um controle dos produtos disponíveis, já que a armazenagem será feita de forma geral, sem separação de medidas e tamanhos (visto a grande variedade do portfólio da empresa). Para isso, sugere-se a criação de uma planilha de controle, de fácil preenchimento e visualização, conforme mostrado na Figura 12.

Figura 12 - Planilhas de controle para sistemas de Reuso de cintas e catracas

MATERIAL PARA REUSO						
cintas						
capacidade	largura	gancho	cor	metragem	o que pode ser substituído?	utilizado?
					() GANCHO () TAMANHO DA CINTA	
					() GANCHO () TAMANHO DA CINTA	
					() GANCHO () TAMANHO DA CINTA	
					() GANCHO () TAMANHO DA CINTA	
					() GANCHO () TAMANHO DA CINTA	
					() GANCHO () TAMANHO DA CINTA	

MATERIAL PARA REUSO					
catracas					
capacidade	largura	gancho	cor	o que pode ser substituído?	utilizado?
				() GANCHO () CATRACA	
				() GANCHO () CATRACA	
				() GANCHO () CATRACA	
				() GANCHO () CATRACA	
				() GANCHO () CATRACA	
				() GANCHO () CATRACA	

Fonte: Da autora (2023).

Da mesma forma para sistema de desmanche: é essencial que se tenha o controle de quais os modelos e quantas unidades estão disponíveis dos ganchos e catracas de aço. Para as cintas em metro, o controle pode ser feito pela capacidade e metragem de cinta disponível.

Igualmente, a criação de uma planilha de controle é capaz de suprir tal necessidade, conforme mostrado na Figura 13. Ela pode ser estruturada em quadros brancos escolares, para que sejam alteradas diariamente com canetão específico, sem causar rasuras.

Figura 13 - Planilhas de controle para sistemas de Desmanche

MATERIAL PARA DESMANCHE								
ganchos								
tipo	S	J	J trava	sider	triângulo	patola	giratório	graneleiro
800kg								
1500kg								
2000kg								
3000kg								
5000kg								
7000kg								
10000kg								

MATERIAL PARA DESMANCHE		MATERIAL PARA DESMANCHE			
catracas		cinta em metro			
tipo	catraca móvel	tipo	laranja	branca	preta
800kg		800kg			
1500kg		1500kg			
2000kg		2000kg			
3000kg		3000kg			
5000kg		5000kg			
7000kg		7000kg			
10000kg		10000kg			

Fonte: Da autora (2023).

4.3.4 Processo de reuso

No processo de reuso, os produtos que chegam são reestruturados, de forma que alguma parte seja transformada ou substituída, mantendo a qualidade. Sendo assim, um conjunto de cinta e catraca com capacidade de 3000 kg, tamanho de 9 metros e gancho J, que teve a catraca móvel danificada, por exemplo, pode ter somente essa peça descosturada e substituída por uma nova, retornando ao ciclo como um produto acabado apto à comercialização. Esse processo vale também para os ganchos (que podem ser alterados por novos do mesmo modelo ou novos de modelos diferentes) e para a cinta (que, caso tenha sido estragada, pode ser cortada e transformada em cintas de tamanhos menores, como 6 ou 4 metros, por exemplo). Nesse caso, o processo de reuso é utilizado especificamente em produtos com apenas um item avariado, permitindo a descostura e montagem, reduzindo retrabalho de desmanche e remanufatura.

Na Figura 14, é possível visualizar a reestruturação de um conjunto, a partir da troca de seu gancho.

Figura 14 - Reestruturação de um conjunto - troca de gancho



Fonte: Da autora (2023).

4.3.5 Processo de desmanche

No processo de desmanche, os produtos que chegam são completamente desmontados, de forma que cada parte seja tratada separadamente. O desmanche permite verificar a qualidade de cada um dos itens e identificar a possibilidade de reutilizar na montagem de outro ou vender cada peça separadamente. Sendo assim, um conjunto de cinta e catraca com capacidade de 3000 kg, tamanho de 9 metros e gancho J transforma-se 9 metros de cinta em metro de 3000 kg, um rabicho de 3000 kg, dois ganchos do tipo J e uma catraca móvel de capacidade de 3000 kg, além das duas etiquetas de identificação.

Na Figura 15, é possível visualizar um conjunto e os componentes transformados a partir do processo de desmanche.

Figura 15 - Desmanche de um conjunto



Fonte: Da autora (2023).

Considerando que um ou mais itens poderão ser danificados, a estrutura desmanhada do item poderá sofrer alterações e, sendo assim, algumas partes não poderão ser aproveitadas e deverão ser encaminhadas para o processo de reciclagem.

4.3.6 Processo de reciclagem

Os produtos que não puderam ser utilizados em outros processos pela falta de características essenciais para o bom funcionamento são enviados para a reciclagem. Nesse sistema, há dois caminhos de manufatura, sendo realizado internamente ou de forma terceirizada, em que os produtos são encaminhados a recicladoras especializadas.

O processo de reciclagem de aço carbono é mais complexo, demanda mais equipamentos (prensadoras e fornos), estrutura e pessoal especializado, sendo necessário também um controle pós sistema, com os resíduos gerados. Por isso, para que seja possível a realização da reciclagem internamente na empresa, só serão considerados os itens têxteis, de todas as cores, tamanhos e capacidades.

A possibilidade de reciclar de forma interna se dá por meio da reciclagem mecânica, que tem o intuito de reprocessar retalhos e aparas têxteis de diversas composições, através do corte e desfibragem. O processo inicia-se pela etapa de descaracterização dos mesmos, de forma a eliminar toda e qualquer estrutura diferente do restante do tecido, conforme mostra a Figura 16.

Figura 16 - Etiqueta costurada à cinta e ao rabicho que precisa ser retirada



Fonte: Da autora (2023).

Na etapa seguinte, as cintas separadas por cores passam por uma máquina desfibradora, responsável por destruir o material têxtil. Esta linha de produção permite formar novas estopas, gerando menos um resíduo e mais um produto, que posteriormente poderão ser utilizadas na empresa para auxiliar na limpeza de tinta de pintura das cintas e outros resíduos químicos. Outra opção é destiná-las a fornecedores de mantas utilizadas para isolamento acústico, tornando o custo de descarte uma fonte de receita. A máquina a ser utilizada, que serve para diversos tipos de tecidos, é da marca Eco Têxtil (Figura 17).

Figura 17 - Máquina desfibradora da marca Eco Têxtil



Fonte: Empresa Eco Têxtil LTDA (2023).

Após a desfibragem, o material obtido e que será utilizado para consumo interno é destinado à estocagem de material de limpeza. O excedente poderá ser enfardado e encaminhado a um estoque intermediário, para posterior reinserção no setor produtivo com inúmeras finalidades, tais como construção civil e indústria automobilística.

4.3.7 Processo de destinação final

No processo de destinação final, todos os produtos que não puderam ser encaminhados para os outros processos seriam remetidos à destinação final. Nesse caso, os elementos inviáveis seriam direcionados a aterros regulamentados ou à incineração, conforme necessidade, sendo ambos processos prejudiciais para o meio ambiente.

No caso da empresa MAVE, todos os produtos, mesmo que tenham baixa qualidade ou sejam incompatíveis com reuso e desmanche, podem ser reciclados ou encaminhados a

recicladoras especializadas. Dessa forma, 100% dos produtos recebidos podem ter um destino sustentável, de forma a fazer parte de um processo ecologicamente correto, socialmente justo e economicamente viável.

Para que sejam definidos os melhores sequenciamentos para os processos e sistemas desse estudo, é fundamental que os procedimentos realizados sejam planejados e projetados previamente. Lima *et al.* (2011) afirmam que a modelagem computacional permite uma análise dos experimentos, sem que custos e perdas sejam gerados, além de permitir visualizar de forma macro os efeitos de micro mudanças do sistema (BANKS et al., 2005).

4.4 Simulação Computacional

Para dar início à simulação computacional e melhorar o funcionamento completo do processo, além de aumentar a quantidade de detalhes e informações da Logística Reversa, planejou-se a utilização da técnica de modelagem IDEF-SIM criada por Leal, Almeida e Montevechi (2008). Esta ferramenta, por meio de elementos lógicos e técnicas de modelagem, facilita a posterior elaboração e documentação do modelo computacional.

4.4.1 Modelo conceitual em IDEF-SIM

Pereira e Chwif (2010) propõe documentar o modelo de simulação de uma forma mais específica do que simplesmente a descrição gráfica. Para o presente estudo, serão consideradas apenas 2 das 4 partes sugeridas. Com o objetivo de visualizar as informações, cada uma das partes foi especificada nos Quadros a seguir, sendo elas:

- I. Descrição do OCER: abreviatura para Objetivos, Complexidade, Entradas/Saídas e Rodadas, tem por objetivo definir os objetivos, escopo, as informações que alimentam o simulador e os cenários a serem simulados;
- II. Descrição do Processo e Hipóteses: tem por objetivo ilustrar o sequenciamento do processo e apresentar suas premissas.

Quadro 2 - Definição do OCER para a especificação do modelo

Definição do OCER	Descrição
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar a capacidade do processo; • Identificar o sequenciamento ideal dos procedimentos; • Sugerir ações de melhoria para viabilizar a operação.

Complexidade	<ul style="list-style-type: none"> • Escopo: Será considerado o recebimento da mercadoria pós-consumo, a devida manipulação em cada sistema e a destinação referente a cada um deles. • Detalhe: O processo de expedição não será considerado.
Entradas e Saídas do Modelo	<p>Entradas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Composição da frota e capacidade de caminhões; • Periodicidade das coletas; • Capacidade de armazenagem para triagem; • Capacidade de armazenagem para sistema de reuso; • Capacidade de armazenagem para reciclagem têxtil; • Capacidade de armazenagem para reciclagem metalúrgica; • Quantidade de operadores disponíveis. <p>Saídas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tempo de descarga dos caminhões; • Níveis médios dos locais de armazenagem; • Taxa de utilização da desfiadeira; • Produção total por período destinado ao reuso; • Produção total por período destinado à reciclagem.
Rodadas	<p>Serão simulados três cenários:</p> <p>Cenário 1: itens destinados ao sistema de reutilização;</p> <p>Cenário 2: itens destinados ao sistema de desmanche;</p> <p>Cenário 3: itens destinados aos sistemas de reciclagem.</p>

Fonte: Da autora (2023).

O Quadro 3 apresenta a descrição completa do processo de Logística Reversa, bem como as hipóteses do modelo.

Quadro 3 - Definição do processo e hipóteses

Processo e Hipóteses	Descrição
Processo	<ol style="list-style-type: none"> 1. O consumidor final entrega o item no ponto de coleta (E1); 2. Conforme definição de período, é realizada a coleta em todos os pontos definidos (M1) pelo motorista da empresa (MOTORISTA); 3. O material é entregue na MAVE; 4. Todo o material é destinado para um estoque intermediário (L1); 5. Todo o material é analisado em uma etapa de triagem (M2) (OP. 1); 6. O material é separado conforme cada sistema: para reuso (E2) e para desmanche + reciclagem (E3); 7. Todos os itens destinados a reuso ficam em um estoque intermediário (L2); 8. Conforme demanda, o material é descosturado (L3), montado (L4) e embalado (L5) pelo Operador 1 (OP. 1); 9. O material segue para expedição (M3) e pelo Operador 3 (OP. 3); 10. Todos os itens destinados a desmanche + reciclagem são desmontados na sequência da etapa de separação; 11. Os itens passíveis para utilização (E4) são separados em estoques intermediários por grupo de peça (cintas (L6), ganchos (L7) e

	<p>catracas móveis (L8));</p> <p>12. Conforme demanda, o material é montado (L4) e embalado (L5) pelo Operador 1 (OP. 1);</p> <p>13. O material segue para expedição (M3) e pelo Operador 3 (OP. 3);</p> <p>14. Os itens de metal (L9) não-passíveis para utilização são destinados para a reciclagem metalúrgica, sendo que as catracas móveis e ganchos são enviadas para um estoque intermediário e quando chegar a um lote específico (E6) é solicitada a coleta de uma empresa especializada (M4);</p> <p>15. Os itens de tecido (L10) não-passíveis para utilização são destinados para a reciclagem têxtil, sendo que as cintas são destinadas para um estoque intermediário e quando chegar a um lote específico (E7) é realizado o processo de desfibragem (M5);</p> <p>16. O material que passou pelo processo de desfibragem é destinado para o estoque de material de limpeza (M6) e o excedente enviado para empresas parceiras do ramo automotivo (M7).</p>
Hipóteses	<ul style="list-style-type: none"> • O caminhão fará a coleta em todos os pontos em um dia específico e pré-determinado; • O tamanho de cada lote de coleta é variável; • O tempo de manuseio de cada processo será considerado desprezível; • O tempo de deslocamento entre um processo e outro será considerado desprezível; • Perdas de materiais devido à classificação serão consideradas desprezíveis;

Fonte: Da autora (2023).

De forma a apresentar as atividades desenvolvidas, foi estruturado, por meio da técnica IDEF-SIM, o modelo conceitual envolvendo todos os sistemas de Logística Reversa.

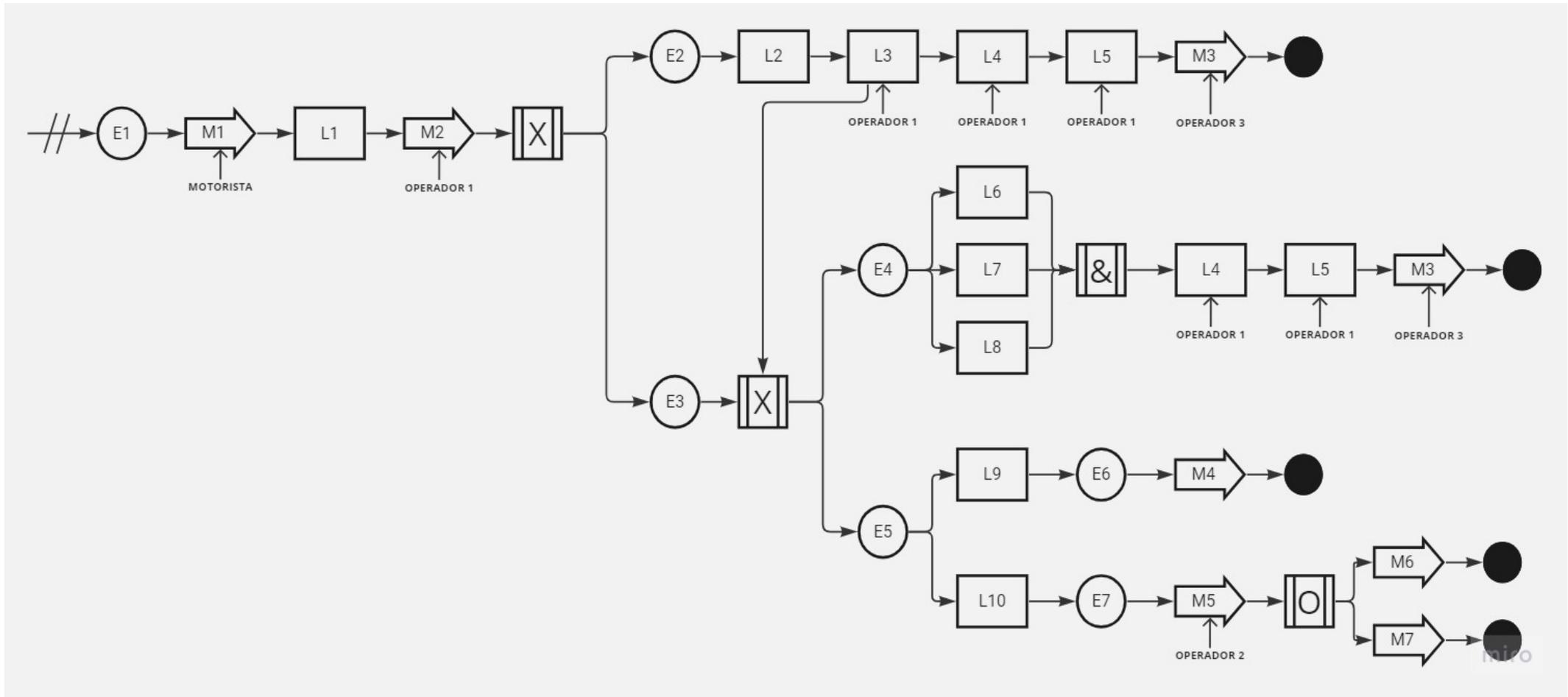
Nas Figuras 18 e 19 é possível observar cada uma das entidades, funções e movimentações envolvidas e o fluxo das atividades desempenhadas para cada tipo de sistema, respectivamente.

Figura 18 - Legenda do modelo conceitual de implementação da Logística Reversa

ENTIDADES		FUNÇÕES		MOVIMENTAÇÕES	
E1	Item Descartado	L1	Estoque Inicial	M1	Para Transporte
E2	Material para Reuso	L2	Estoque Para Reuso	M2	Para Triagem
E3	Material para Desmanche + Reciclagem	L3	Descostura	M3	Para Expedição
E4	Itens passíveis para utilização	L4	Montagem	M4	Para Coleta
E5	Itens não-passíveis para utilização	L5	Embalagem	M5	Para Desfibragem
E6	Lote Específico (Metalúrgico)	L6	Estoque de Cintas	M6	Para Estoque de Material de Limpeza
E7	Lote Específico (Têxtil)	L7	Estoque de Ganchos	M7	Para Empresas Parceiras
		L8	Estoque de Catracas		
		L9	Itens de Metal Não-Passíveis de Uso		
		L10	Itens de Tecido Não-Passíveis de Uso		

Fonte: Da autora (2023).

Figura 19 - Modelo conceitual por meio da técnica de IDEF-SIM



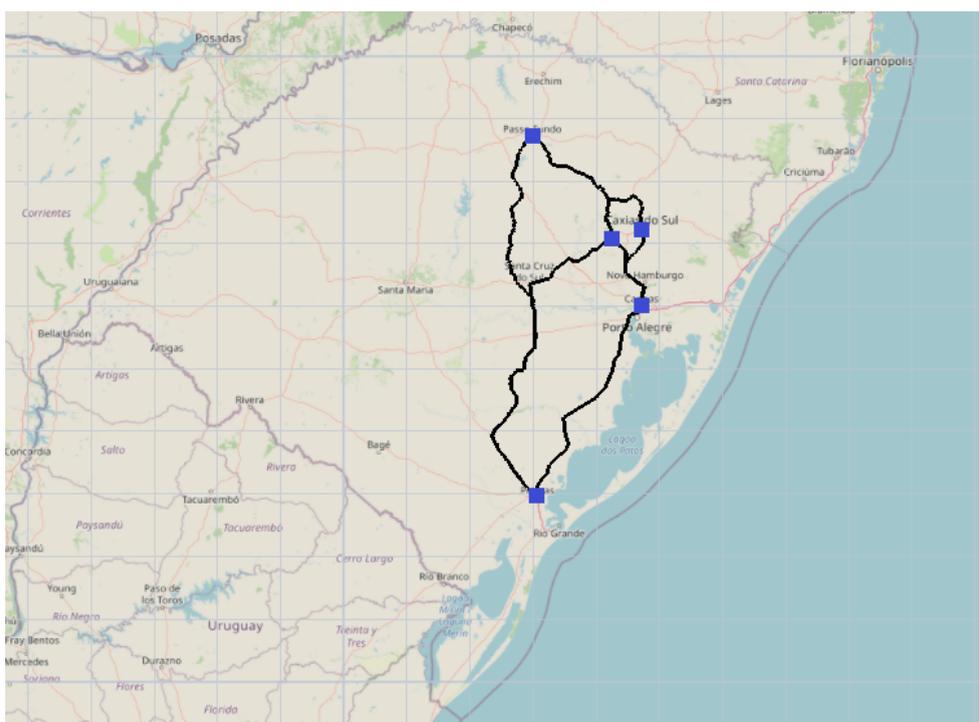
Fonte: Da autora (2023).

A verificação da representação gráfica permite avaliar todos os processos em conjunto e, dessa forma, é possível concluir que as atividades executadas somam um total de 28 atribuições separadas em 7 entidades, 10 funções, 7 movimentações, 3 operadores e 1 motorista.

4.4.2 Construção de um modelo computacional

Para a construção do modelo computacional, foi utilizado o módulo GIS do software FlexSIM. A partir dele foi possível modelar a rota de coleta, de forma a descobrir o tempo de viagem e a distância a ser percorrida para passar em todos os pontos instalados, tornando o processo eficaz e estratégico. Na Figura 20 é possível visualizar no mapa do estado do Rio Grande do Sul as cidades definidas para pontos de coleta.

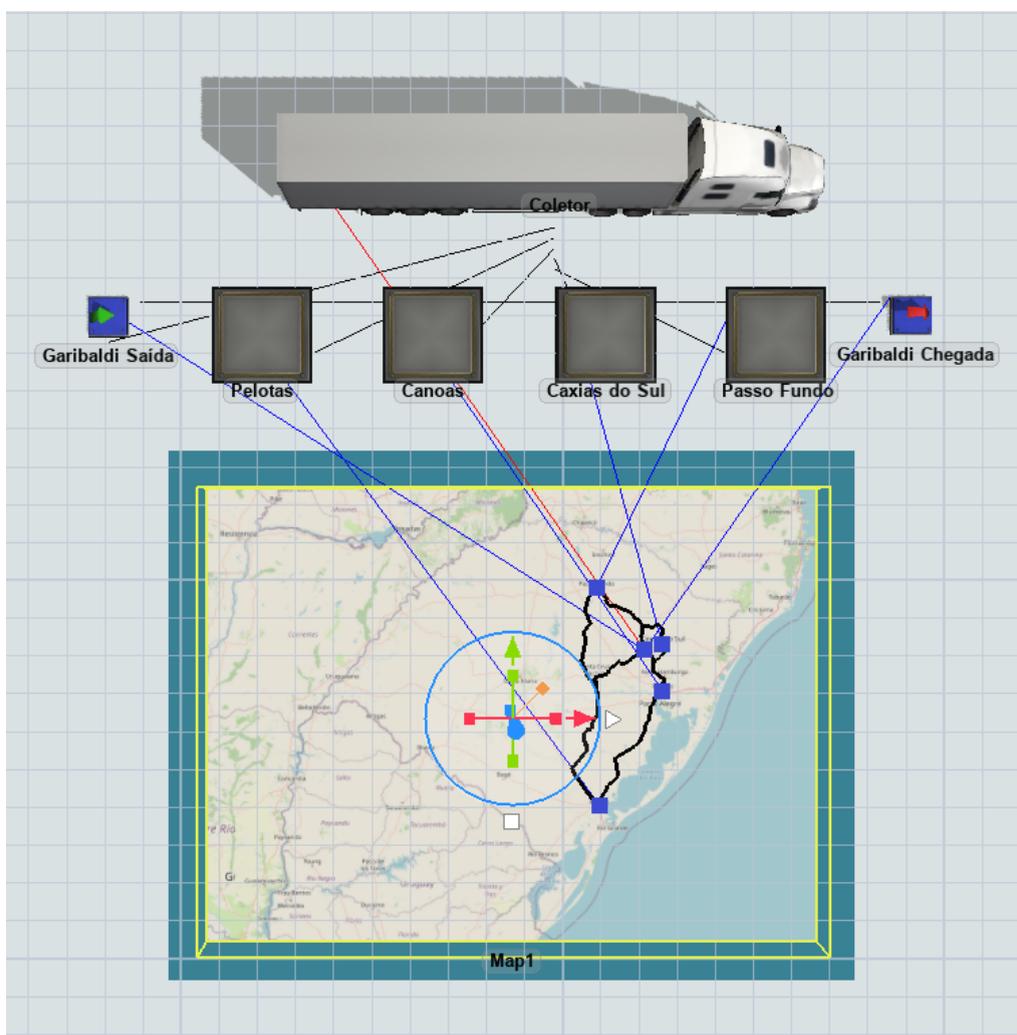
Figura 20 - Pontos de coleta no estado



Fonte: Da autora (2023).

A partir dos pontos definidos, foi possível desenvolver a melhor rota a ser seguida, de acordo com a localização da matriz da empresa. Com isso, foi necessário integrar os pontos entre si e entre o coletor, de forma a identificar para o software qual a sequência a ser seguida. O primeiro ponto de coleta da rota é na região de Pelotas, seguindo para Canoas, Caxias do Sul e finalmente em Passo Fundo, com posterior retorno à matriz em Garibaldi. Na Figura 21 é possível visualizar esse processo.

Figura 21 - Construção do modelo computacional



Fonte: Da autora (2023).

4.4.3 Análise dos resultados da simulação

Para a validação do modelo, após todos os pontos e o coletor estarem devidamente integrados, foi realizada a simulação e verificado o trajeto realizado pelo caminhão. A análise do percurso por completo permite entender quais sequenciamentos são mais eficazes no que diz respeito à distância percorrida e gestão da logística. As distâncias e a duração de viagem entre os pontos podem ser verificadas nas Figuras 22, 23, 24 e 25.

Figura 22 - Distância e duração de viagem entre Garibaldi e Pelotas

Properties	
Route	
Garibaldi - Pelotas	
Type	Driving Roads
Duration	20225.80 s
Distance	353.11 km
Route Cost	20225.80

Fonte: Da autora (2023).

Figura 23 - Distância e duração de viagem entre Caxias do Sul e Canoas

Properties	
Route	
Caxias do Sul - Canoas	
Type	Driving Roads
Duration	5912.10 s
Distance	110.21 km
Route Cost	5912.10

Fonte: Da autora (2023).

Figura 24 - Distância e duração de viagem entre Passo Fundo e Caxias do Sul

Properties	
Route	
Passo Fundo - Caxias do Sul	
Type	Driving Roads
Duration	12059.60 s
Distance	217.57 km
Route Cost	12059.60

Fonte: Da autora (2023).

Figura 25 - Distância e duração de viagem entre Garibaldi e Passo Fundo

Properties	
Route	
Garibaldi - Passo Fundo	
Type	Driving Roads
Duration	10934.60 s
Distance	187.55 km
Route Cost	10934.60

Fonte: Da autora (2023).

É possível, por meio desses dados, estabelecer a distância total que abrange a rota de coleta e o seu tempo de viagem, conforme apresenta a Tabela 1. Com essas informações também, é possível calcular o gasto médio de combustível, considerando um consumo de 3,5 km por L.

Tabela 1 - Distâncias entre os pontos

Percorso entre os pontos	Distância	Duração	Combustível
Percorso entre Garibaldi e Pelotas	353,11 km	337,09 min.	100,88 L
Percorso entre Pelotas e Canoas	264,00 km	226,00 min.	75,42 L
Percorso entre Canoas e Caxias do Sul	110,21 km	98,53 min.	31,48 L
Percorso entre Caxias do Sul e Passo Fundo	217,57 km	200,99 min.	62,16 L
Percorso entre Passo Fundo e Garibaldi	187,55 km	182,24 min.	53,58 L
	1.132,44 km	1.044,85 min.	323,52 L

Fonte: Da autora (2023).

4.5 Concepção de cenários

Uma vez que o processo de Logística Reversa ainda não está implementado na empresa, não existem dados históricos para verificar quais dos sistemas são mais eficazes. Esse fato permite que, para analisar a viabilidade de cada um, sejam criados cenários, a fim de avaliar as diversas implicações possíveis dentro das premissas estabelecidas.

Para isso, foram elaborados três cenários distintos: no primeiro, considerou-se 100% de manipulação no sistema de reuso; no segundo, considerou-se 100% de manipulação no sistema de desmanche; e, por fim, no terceiro, considerou-se 100% de manipulação no sistema de reciclagem.

O levantamento com base nas vendas mensais das cinco cidades de coleta permitiu uma noção de quais seriam os itens a serem manuseados. O Apêndice B apresenta as 66 mercadorias dos grupos de itens Conjunto para Amarração de Carga, Catracas Móveis e Fixas e Redes de Contenção. Outros grupos foram desconsiderados visto o volume pouco relevante, não sendo necessária sua análise.

Em cada cenário, foram considerados apenas os itens classificados na categoria A da Curva ABC do volume de venda mensal para as cidades selecionadas. A receita líquida mensal é gerada de forma distinta para cada sistema de Logística Reversa e, para que a

análise de viabilidade seja mais eficaz, a receita manter-se-á constante por todo período de avaliação.

4.5.1 Cenário 1

Por meio da análise das seguintes Figuras e Tabelas, é possível observar a receita obtida pelo sistema de reuso. Para o presente cenário, visto que as condições de uso dos produtos são imprevisíveis, o cálculo foi realizado considerando que em 40% dos casos a necessidade de troca das cintas, em 30% dos casos a necessidade de troca dos catracas móveis e 30% dos casos a necessidade de troca dos ganchos.

Para cálculo de receita, é considerado o valor de venda do produto. Para cálculo de despesa, considera-se o valor da matéria-prima a ser utilizada, bem como o custo de mão de obra para o desmanche e remontagem.

Figura 26 - Cenário do sistema de reuso das cintas

DESCRIÇÃO DO ITEM	VENDA MÉDIA MENSAL	RECEITA (unit.)	QUANT. DE CINTA (mt)	CUSTO DA CINTA (R\$/mt)	DESPESA TOTAL MP (R\$)	DESPESA MÃO DE OBRA	RECEITA TOTAL
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J	353	R\$ 77,81	9,90	R\$ 0,9181	R\$ 9,09	R\$ 1,60	R\$ 9.464,03
CONJUNTO CINTA E CATRACA 800KG 25MM 3M S	269	R\$ 19,26	3,90	R\$ 0,3405	R\$ 1,33	R\$ 1,60	R\$ 1.754,06
CINTA 5000KG 9M J	170	R\$ 42,09	9,00	R\$ 0,9181	R\$ 8,26	R\$ 0,80	R\$ 2.245,84
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 6M J	110	R\$ 40,90	6,90	R\$ 0,3403	R\$ 2,35	R\$ 1,60	R\$ 1.628,35
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J	96	R\$ 56,30	9,90	R\$ 0,6118	R\$ 6,06	R\$ 1,60	R\$ 1.858,17
CONJUNTO CINTA E CATRACA 10000KG 9M J	68	R\$ 232,65	9,90	R\$ 1,9378	R\$ 19,18	R\$ 1,60	R\$ 5.734,50
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 12M J	67	R\$ 87,50	12,90	R\$ 0,9181	R\$ 11,84	R\$ 1,60	R\$ 1.974,84
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J BRANCO	63	R\$ 73,99	9,90	R\$ 0,7600	R\$ 7,52	R\$ 1,60	R\$ 1.630,30
CINTA 5000KG 9M SIDER	62	R\$ 41,69	9,00	R\$ 0,9181	R\$ 8,26	R\$ 0,80	R\$ 811,33
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J BRANCO	60	R\$ 55,72	9,90	R\$ 0,7600	R\$ 7,52	R\$ 1,60	R\$ 1.115,20
KIT MOTO CATRACA 800KG 25MM	47	R\$ 76,25	7,60	R\$ 0,3405	R\$ 2,59	R\$ 1,60	R\$ 1.359,57
CINTA 10000KG 9M PATOLA	39	R\$ 80,42	9,00	R\$ 1,9378	R\$ 17,44	R\$ 0,80	R\$ 970,00
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 3M S	37	R\$ 36,15	3,90	R\$ 0,3403	R\$ 1,33	R\$ 1,60	R\$ 485,05
CINTA 3000KG 9M J	24	R\$ 30,77	9,00	R\$ 0,6118	R\$ 5,51	R\$ 0,80	R\$ 233,22
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 3M S	23	R\$ 26,20	3,90	R\$ 0,3405	R\$ 1,33	R\$ 1,60	R\$ 215,65
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 6M J	23	R\$ 28,20	6,90	R\$ 0,3405	R\$ 2,35	R\$ 1,60	R\$ 221,49
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG GIRATORIO 4M LARANJA	23	R\$ 89,78	4,90	R\$ 0,6118	R\$ 3,00	R\$ 1,60	R\$ 766,64
							R\$ 32.468,26

Fonte: Da autora (2023).

Com a reutilização dos conjuntos, das cintas e das catracas, fazendo a troca apenas das cintas em metro, gerou-se uma receita mensal de R\$ 32.468,26, conforme mostra a Figura 26.

Figura 27 - Cenário do sistema de reuso das catracas móveis

DESCRIÇÃO DO ITEM	VENDA MÉDIA MENSAL	RECEITA (unit.)	DESPESA TOTAL MP (R\$)	DESPESA MÃO DE OBRA	RECEITA TOTAL
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J	353	R\$ 77,81	R\$ 9,95	R\$ 1,60	R\$ 7.006,88
CONJUNTO CINTA E CATRACA 800KG 25MM 3M S	269	R\$ 19,26	R\$ 1,32	R\$ 1,60	R\$ 1.316,32
CINTA 5000KG 9M J	170	R\$ 42,09	R\$ -	R\$ 0,80	R\$ 2.105,79
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 6M J	110	R\$ 40,90	R\$ 3,69	R\$ 1,60	R\$ 1.176,82
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J	96	R\$ 56,30	R\$ 6,03	R\$ 1,60	R\$ 1.394,45
CONJUNTO CINTA E CATRACA 10000KG 9M J	68	R\$ 232,65	R\$ 31,01	R\$ 1,60	R\$ 4.060,75
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 12M J	67	R\$ 87,50	R\$ 9,95	R\$ 1,60	R\$ 1.518,98
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J BRANCO	63	R\$ 73,99	R\$ 9,95	R\$ 1,60	R\$ 1.176,97
CINTA 5000KG 9M SIDER	62	R\$ 41,69	R\$ -	R\$ 0,80	R\$ 762,60
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J BRANCO	60	R\$ 55,72	R\$ 6,03	R\$ 1,60	R\$ 863,25
KIT MOTO CATRACA 800KG 25MM	47	R\$ 76,25	R\$ 3,77	R\$ 1,60	R\$ 1.003,00
CINTA 10000KG 9M PATOLA	39	R\$ 80,42	R\$ -	R\$ 0,80	R\$ 931,55
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 3M S	37	R\$ 36,15	R\$ 3,69	R\$ 1,60	R\$ 337,89
CINTA 3000KG 9M J	24	R\$ 30,77	R\$ -	R\$ 0,80	R\$ 214,29
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 3M S	23	R\$ 26,20	R\$ 3,61	R\$ 1,60	R\$ 145,91
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 6M J	23	R\$ 28,20	R\$ 3,61	R\$ 1,60	R\$ 157,51
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG GIRATORIO 4M LARANJA	23	R\$ 89,78	R\$ 6,03	R\$ 1,60	R\$ 554,53
					R\$ 24.727,47

Fonte: Da autora (2023).

Com a reutilização dos conjuntos, das cintas e das catracas, fazendo a troca apenas das catracas móveis, gerou-se uma receita mensal de R\$ 24.727,47, conforme mostra a Figura 27.

Figura 28 - Cenário do sistema de reuso dos ganchos

DESCRIÇÃO DO ITEM	VENDA MÉDIA MENSAL	RECEITA (unit.)	DESPESA TOTAL MP (R\$)	DESPESA MÃO DE OBRA	RECEITA TOTAL
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J	353	R\$ 77,81	R\$ 6,46	R\$ 1,60	R\$ 7.375,85
CONJUNTO CINTA E CATRACA 800KG 25MM 3M S	269	R\$ 19,26	R\$ 1,19	R\$ 1,60	R\$ 1.326,76
CINTA 5000KG 9M J	170	R\$ 42,09	R\$ 3,23	R\$ 0,80	R\$ 1.941,01
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 6M J	110	R\$ 40,90	R\$ 1,29	R\$ 1,60	R\$ 1.256,19
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J	96	R\$ 56,30	R\$ 4,27	R\$ 1,60	R\$ 1.444,70
CONJUNTO CINTA E CATRACA 10000KG 9M J	68	R\$ 232,65	R\$ 11,65	R\$ 1,60	R\$ 4.453,84
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 12M J	67	R\$ 87,50	R\$ 6,46	R\$ 1,60	R\$ 1.588,76
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J BRANCO	63	R\$ 73,99	R\$ 6,46	R\$ 1,60	R\$ 1.242,74
CINTA 5000KG 9M SIDER	62	R\$ 41,69	R\$ 3,56	R\$ 0,80	R\$ 696,19
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J BRANCO	60	R\$ 55,72	R\$ 4,27	R\$ 1,60	R\$ 894,74
KIT MOTO CATRACA 800KG 25MM	47	R\$ 76,25	R\$ 2,38	R\$ 1,60	R\$ 1.022,65
CINTA 10000KG 9M PATOLA	39	R\$ 80,42	R\$ 4,21	R\$ 0,80	R\$ 882,27
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 3M S	37	R\$ 36,15	R\$ 1,19	R\$ 1,60	R\$ 365,31
CINTA 3000KG 9M J	24	R\$ 30,77	R\$ 2,14	R\$ 0,80	R\$ 199,01
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 3M S	23	R\$ 26,20	R\$ 1,19	R\$ 1,60	R\$ 162,71
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 6M J	23	R\$ 28,20	R\$ 0,92	R\$ 1,60	R\$ 175,94
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG GIRATORIO 4M LARANJA	23	R\$ 89,78	R\$ 5,07	R\$ 1,60	R\$ 560,98
					R\$ 25.589,63

Fonte: Da autora (2023).

Com a reutilização dos conjuntos, das cintas e das catracas, fazendo a troca apenas dos ganchos, gerou-se uma receita mensal de R\$ 25.589,63, conforme mostra a Figura 28. A receita total, considerando o cenário atual, para o sistema de reuso pode ser analisada na Tabela 2.

Tabela 2 - Receita total dos sistemas de reuso

Cenários do Sistema de Reuso	Receita mensal	Receita anual
Receita total do sistema de reuso dos cintas	R\$ 32.468,26	R\$ 389.619,12
Receita total do sistema de reuso dos catracas móveis	R\$ 24.727,47	R\$ 296.729,64
Receita total do sistema de reuso dos ganchos	R\$ 25.589,63	R\$ 307.075,56
	R\$ 82.785,36	R\$ 993.424,32

Fonte: Da autora (2023).

4.5.2 Cenário 2

Por meio da análise das seguintes Figuras e Tabelas, é possível observar a receita obtida pelo sistema de desmanche.

Para cálculo de receita, é considerado o custo do produto que poderá retornar ao ciclo produtivo. Visto que as condições de uso dos produtos são imprevisíveis, não foi possível determinar qual a porcentagem de material que seria destinado à reciclagem. Dessa forma, levou-se em conta 100% dos itens desmontados e remanufaturados. Para cálculo de despesa, considera-se o custo de mão de obra para o desmanche.

Figura 29 - Cenário do sistema de desmanche das cintas

DESCRIÇÃO DO ITEM	VENDA MÉDIA MENSAL	QUANT. DE CINTA (mt)	CUSTO DA CINTA (R\$/mt)	RECEITA MP (unit.)	DESPESA MÃO DE OBRA	RECEITA TOTAL
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J	353	9,90	R\$ 0,9181	R\$ 9,09	R\$ 0,80	R\$ 2.921,94
CONJUNTO CINTA E CATRACA 800KG 25MM 3M S	269	3,90	R\$ 0,3405	R\$ 1,33	R\$ 0,80	R\$ 141,75
CINTA 5000KG 9M J	170	9,00	R\$ 0,9181	R\$ 8,26	R\$ 0,40	R\$ 1.336,69
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 6M J	110	6,90	R\$ 0,3403	R\$ 2,35	R\$ 0,80	R\$ 170,55
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J	96	9,90	R\$ 0,6118	R\$ 6,06	R\$ 0,80	R\$ 502,03
CONJUNTO CINTA E CATRACA 10000KG 9M J	68	9,90	R\$ 1,9378	R\$ 19,18	R\$ 0,80	R\$ 1.244,00
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 12M J	67	12,90	R\$ 0,9181	R\$ 11,84	R\$ 0,80	R\$ 736,23
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J BRANCO	63	9,90	R\$ 0,7600	R\$ 7,52	R\$ 0,80	R\$ 422,49
CINTA 5000KG 9M SIDER	62	9,00	R\$ 0,9181	R\$ 8,26	R\$ 0,40	R\$ 488,81
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J BRANCO	60	9,90	R\$ 0,7600	R\$ 7,52	R\$ 0,80	R\$ 402,32
KIT MOTO CATRACA 800KG 25MM	47	7,60	R\$ 0,3405	R\$ 2,59	R\$ 0,80	R\$ 84,32
CINTA 10000KG 9M PATOLA	39	9,00	R\$ 1,9378	R\$ 17,44	R\$ 0,40	R\$ 664,57
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 3M S	37	3,90	R\$ 0,3403	R\$ 1,33	R\$ 0,80	R\$ 19,24
CINTA 3000KG 9M J	24	9,00	R\$ 0,6118	R\$ 5,51	R\$ 0,40	R\$ 121,70
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 3M S	23	3,90	R\$ 0,3405	R\$ 1,33	R\$ 0,80	R\$ 12,23
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 6M J	23	6,90	R\$ 0,3405	R\$ 2,35	R\$ 0,80	R\$ 35,38
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG GIRATORIO 4M LARANJA	23	4,90	R\$ 0,6118	R\$ 3,00	R\$ 0,80	R\$ 49,45
						R\$ 9.353,70

Fonte: Da autora (2023).

Com o desmanche dos produtos e utilizando as cintas como matéria-prima, gerou-se uma receita mensal de R\$ 9.353,70, conforme mostra a Figura 29.

Figura 30 - Cenário do sistema de desmanche das catracas móveis

DESCRIÇÃO DO ITEM	VENDA MÉDIA MENSAL	RECEITA MP (unit.)	DESPESA MÃO DE OBRA	RECEITA TOTAL
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J	353	R\$ 9,95	R\$ 0,80	R\$ 3.225,76
CONJUNTO CINTA E CATRACA 800KG 25MM 3M S	269	R\$ 1,32	R\$ 0,80	R\$ 139,19
CINTA 5000KG 9M J	170	R\$ -	R\$ 0,40	-R\$ 68,00
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 6M J	110	R\$ 3,69	R\$ 0,80	R\$ 318,69
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J	96	R\$ 6,03	R\$ 0,80	R\$ 499,27
CONJUNTO CINTA E CATRACA 10000KG 9M J	68	R\$ 31,01	R\$ 0,80	R\$ 2.044,43
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 12M J	67	R\$ 9,95	R\$ 0,80	R\$ 610,07
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J BRANCO	63	R\$ 9,95	R\$ 0,80	R\$ 574,99
CINTA 5000KG 9M SIDER	62	R\$ -	R\$ 0,40	-R\$ 24,87
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J BRANCO	60	R\$ 6,03	R\$ 0,80	R\$ 312,81
KIT MOTO CATRACA 800KG 25MM	47	R\$ 3,77	R\$ 0,80	R\$ 139,92
CINTA 10000KG 9M PATOLA	39	R\$ -	R\$ 0,40	-R\$ 15,60
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 3M S	37	R\$ 3,69	R\$ 0,80	R\$ 105,59
CINTA 3000KG 9M J	24	R\$ -	R\$ 0,40	-R\$ 9,53
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 3M S	23	R\$ 3,61	R\$ 0,80	R\$ 65,01
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 6M J	23	R\$ 3,61	R\$ 0,80	R\$ 64,08
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG GIRATORIO 4M LARANJA	23	R\$ 6,03	R\$ 0,80	R\$ 117,63
				R\$ 8.099,46

Fonte: Da autora (2023).

Com o desmanche dos produtos e utilizando as catracas móveis como matéria-prima, gerou-se uma receita mensal de R\$ 8.099,46, conforme mostra a Figura 30.

Figura 31 - Cenário do sistema de desmanche dos ganchos

DESCRIÇÃO DO ITEM	VENDA MÉDIA MENSAL	RECEITA MP (unit.)	DESPESA MÃO DE OBRA	RECEITA TOTAL
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J	353	R\$ 6,46	R\$ 0,80	R\$ 1.995,86
CONJUNTO CINTA E CATRACA 800KG 25MM 3M S	269	R\$ 1,19	R\$ 0,80	R\$ 104,39
CINTA 5000KG 9M J	170	R\$ 3,23	R\$ 0,40	R\$ 481,27
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 6M J	110	R\$ 1,29	R\$ 0,80	R\$ 54,11
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J	96	R\$ 4,27	R\$ 0,80	R\$ 331,77
CONJUNTO CINTA E CATRACA 10000KG 9M J	68	R\$ 11,65	R\$ 0,80	R\$ 734,12
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 12M J	67	R\$ 6,46	R\$ 0,80	R\$ 377,47
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J BRANCO	63	R\$ 6,46	R\$ 0,80	R\$ 355,76
CINTA 5000KG 9M SIDER	62	R\$ 3,56	R\$ 0,40	R\$ 196,51
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J BRANCO	60	R\$ 4,27	R\$ 0,80	R\$ 207,86
KIT MOTO CATRACA 800KG 25MM	47	R\$ 2,38	R\$ 0,80	R\$ 74,41
CINTA 10000KG 9M PATOLA	39	R\$ 4,21	R\$ 0,40	R\$ 148,69
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 3M S	37	R\$ 1,19	R\$ 0,80	R\$ 14,19
CINTA 3000KG 9M J	24	R\$ 2,14	R\$ 0,40	R\$ 41,40
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 3M S	23	R\$ 1,19	R\$ 0,80	R\$ 9,01
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 6M J	23	R\$ 0,92	R\$ 0,80	R\$ 2,64
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG GIRATORIO 4M LARANJA	23	R\$ 5,07	R\$ 0,80	R\$ 96,12
				R\$ 5.225,57

Fonte: Da autora (2023).

Com o desmanche dos produtos e utilizando os como matéria-prima, gerou-se uma receita mensal de R\$ 5.225,57, conforme mostra a Figura 31. A receita total, considerando o cenário atual, para o sistema de desmanche pode ser analisada na Tabela 3.

Tabela 3 - Receita total dos sistemas de desmanche

Cenários do Sistema de Desmanche	Receita mensal	Receita anual
Receita total do sistema de desmanche das cintas	R\$ 9.353,70	R\$ 112.244,45
Receita total do sistema de desmanche das catracas móveis	R\$ 8.099,46	R\$ 97.193,50
Receita total do sistema de desmanche dos ganchos	R\$ 5.225,57	R\$ 62.706,88
	R\$ 22.678,74	R\$ 272.144,83

Fonte: Da autora (2023).

4.5.3 Cenário 3

Por meio da análise das seguintes Figuras e Tabelas, é possível observar a receita obtida pelo sistema de reciclagem. Para o presente cenário, o cálculo foi realizado considerando em 100% dos casos o aproveitamento de cintas, catracas móveis e ganchos para reciclagem.

Para cálculo de receita, é considerado o ganho com a reciclagem (considerando o retorno de R\$ 17,49 ao kg para a têxtil e R\$ 1,80 ao kg para a metalúrgica).

Figura 32 - Cenário do sistema de reciclagem têxtil

DESCRIÇÃO DO ITEM	VENDA MÉDIA MENSAL	PESO UNIT. DA CINTA (kg)	QUANT. DE CINTA (mt)	VOLUME TÊXTIL (kg)	RECEITA (ao kg)	RECEITA TOTAL
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J	353	0,1130	9,90	1,119	R\$ 17,49	R\$ 6.897,04
CONJUNTO CINTA E CATRACA 800KG 25MM 3M S	269	0,0230	3,90	0,090	R\$ 17,49	R\$ 421,24
CINTA 5000KG 9M J	170	0,1130	9,00	1,017	R\$ 17,49	R\$ 3.023,85
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 6M J	110	0,0400	6,90	0,276	R\$ 17,49	R\$ 531,80
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J	96	0,0640	9,90	0,634	R\$ 17,49	R\$ 1.058,30
CONJUNTO CINTA E CATRACA 10000KG 9M J	68	0,1980	9,90	1,960	R\$ 17,49	R\$ 2.319,88
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 12M J	67	0,1130	12,90	1,458	R\$ 17,49	R\$ 1.699,68
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J BRANCO	63	0,1130	9,90	1,119	R\$ 17,49	R\$ 1.229,40
CINTA 5000KG 9M SIDER	62	0,1130	9,00	1,017	R\$ 17,49	R\$ 1.105,78
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J BRANCO	60	0,0640	9,90	0,634	R\$ 17,49	R\$ 663,05
KIT MOTO CATRACA 800KG 25MM	47	0,0230	7,60	0,175	R\$ 17,49	R\$ 144,20
CINTA 10000KG 9M PATOLA	39	0,1980	9,00	1,782	R\$ 17,49	R\$ 1.215,52
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 3M S	37	0,0400	3,90	0,156	R\$ 17,49	R\$ 99,59
CINTA 3000KG 9M J	24	0,0640	9,00	0,576	R\$ 17,49	R\$ 240,10
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 3M S	23	0,0230	3,90	0,090	R\$ 17,49	R\$ 36,35
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 6M J	23	0,0230	6,90	0,159	R\$ 17,49	R\$ 63,38
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG GIRATORIO 4M LARANJA	23	0,0640	4,90	0,314	R\$ 17,49	R\$ 123,41
						R\$ 20.872,55

Fonte: Da autora (2023).

Com a reciclagem das cintas gerou-se uma receita mensal de R\$ 20.872,55, conforme mostra a Figura 32.

Figura 33 - Cenário do sistema de reciclagem metalúrgica

DESCRIÇÃO DO ITEM	VENDA MÉDIA MENSAL	PESO UNIT. DA CATRACA (kg)	PESO UNIT. DO GANCHO (kg)	VOLUME METAL. (kg)	RECEITA (ao kg)	RECEITA TOTAL
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J	353	0,9750	0,4780	1,453	R\$ 1,80	R\$ 921,93
CONJUNTO CINTA E CATRACA 800KG 25MM 3M S	269	0,1700	0,1860	0,356	R\$ 1,80	R\$ 172,05
CINTA 5000KG 9M J	170	0,0000	0,4780	0,478	R\$ 1,80	R\$ 146,27
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 6M J	110	0,4410	0,1960	0,637	R\$ 1,80	R\$ 126,32
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J	96	0,8750	0,3140	1,189	R\$ 1,80	R\$ 204,39
CONJUNTO CINTA E CATRACA 10000KG 9M J	68	3,3500	1,5360	4,886	R\$ 1,80	R\$ 595,11
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 12M J	67	0,9750	0,4780	1,453	R\$ 1,80	R\$ 174,36
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J BRANCO	63	0,9750	0,4780	1,453	R\$ 1,80	R\$ 164,33
CINTA 5000KG 9M SIDER	62	0,0000	0,1960	0,196	R\$ 1,80	R\$ 21,93
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J BRANCO	60	0,8750	0,3140	1,189	R\$ 1,80	R\$ 128,06
KIT MOTO CATRACA 800KG 25MM	47	0,1700	0,1860	0,356	R\$ 1,80	R\$ 30,22
CINTA 10000KG 9M PATOLA	39	0,0000	0,2740	0,274	R\$ 1,80	R\$ 19,23
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 3M S	37	0,4410	0,1860	0,627	R\$ 1,80	R\$ 41,19
CINTA 3000KG 9M J	24	0,0000	0,1570	0,157	R\$ 1,80	R\$ 6,74
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 3M S	23	0,3500	0,1860	0,536	R\$ 1,80	R\$ 22,35
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 6M J	23	0,3500	0,0820	0,432	R\$ 1,80	R\$ 17,76
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG GIRATORIO 4M LARANJA	23	0,8750	0,6190	1,494	R\$ 1,80	R\$ 60,51
						R\$ 2.852,76

Fonte: Da autora (2023).

Com a reciclagem das catracas móveis e dos ganchos gerou-se uma receita mensal de R\$ 2.852,76, conforme mostra a Figura 33. A receita total, considerando o cenário atual, para o sistema de reciclagem pode ser verificada na Tabela 4.

Tabela 4 - Receita total dos sistemas de reciclagem

Cenários do Sistema de Reciclagem	Receita mensal	Receita anual
Receita total do sistema de reciclagem têxtil	R\$ 20.872,55	R\$ 250.470,62
Receita total do sistema de reciclagem metalúrgica	R\$ 2.852,76	R\$ 34.233,07
	R\$ 23.725,31	R\$ 284.703,69

Fonte: Da autora (2023).

4.6 Análise de viabilidade técnico-econômica

Para que o estudo de viabilidade seja assertivo, é essencial o estudo dos dados levantados por meio de ferramentas econômicas que evidenciem a eficácia do processo. Os orçamentos foram realizados a partir de uma projeção idealizada, considerando um volume

coletado ideal. Vale destacar que devido à incapacidade em obter-se todos os valores reais, alguns foram estimados.

As Tabelas 5, 6 e 7 resumem os dados de investimento fixo, custos e despesas e depreciação, respectivamente, utilizados para análise de investimento.

Os recursos financeiros destinados à aquisição de bens com o intuito de dar início ao processo estão descritos na Tabela 5. Esse investimento refere-se às aplicações em equipamentos e utensílios necessários para que o processo esteja adequado às demandas.

Tabela 5 - Projeção de Investimento Fixo

Equipamentos e utensílios	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Caixa de Armazenamento (Transporte dos Produtos)	4	R\$ 2.165,00	R\$ 8.660,00
Estante para (Sistema de Reuso)	1	R\$ 620,00	R\$ 620,00
Estante Gaveteiro (Sistema de Desmanche)	1	R\$ 405,90	R\$ 405,90
Quadro Branco Escolar 27,6 x 21,2	1	R\$ 21,90	R\$ 21,90
Tesoura Para Alfaiate	3	R\$ 23,65	R\$ 70,95
Kit Removedor de Linha de Costura	2	R\$ 15,45	R\$ 30,90
Lixeira de Metal Redonda 12,5L	2	R\$ 34,00	R\$ 68,00
Máquina Desfiadora da Marca Eco Têxtil	1	R\$ 7.000,00	R\$ 7.000,00
Caixa de Armazenamento (Reciclagem - Tecido)	1	R\$ 2.165,00	R\$ 2.165,00
Caixa de Armazenamento (Reciclagem - Pós-Tecido)	1	R\$ 2.165,00	R\$ 2.165,00
Caixa de Embalagem (Reciclagem - Pós-Tecido)	5	R\$ 12,99	R\$ 64,95
Caixa de Armazenamento (Reciclagem - Metal)	2	R\$ 2.165,00	R\$ 4.330,00
			R\$ 25.602,60

Fonte: Da autora (2023).

Com essa apuração, os gastos foram contabilizados na conta de Despesas Gerais (conforme Tabela 6), com objetivo de posterior registro no Fluxo de Caixa. Para cálculo de custo com frete, foi considerado o gasto médio de combustível (calculado por meio da simulação) multiplicado por R\$ 6,12, preço médio do óleo no mês de outubro de 2023.

Tabela 6 - Relação de Despesas

Categoria	Quantidade	Custo Mensal	Custo Anual
Mão de obra dos operadores + encargos	3	R\$ 6.600,00	R\$ 79.200,00

Categoria	Quantidade	Custo Mensal	Custo Anual
Mão de obra do motorista + encargos	1	R\$ 5.000,00	R\$ 60.000,00
Combustível do transporte	1	R\$ 1.979,94	R\$ 23.759,28
		R\$ 13.579,94	R\$ 162.959,28

Fonte: Da autora (2023).

A depreciação configura a desvalorização de bens e ativos fixos e pode ser calculada por meio da multiplicação do preço de compra com o fator de depreciação, já pré-estabelecido. A Tabela 7 apresenta o cálculo de depreciação da máquina desfiadora.

Tabela 7 - Depreciação

Equipamentos	Preço de Compra	Vida útil	Fator de Depreciação	Depreciação Contábil
Máquina Desfiadora	R\$ 7.000,00	5	0,2	R\$ 1.400,00
				R\$ 1.400,00

Fonte: Da autora (2023).

Com todos os ganhos e gastos financeiros levantados, foi possível projetar o Fluxo de Caixa. O relatório evidencia, por um determinado período de tempo, se as operações envolvidas em cada sistema do processo de Logística Reversa estão gerando lucro ou prejuízo para a empresa, por meio de um planejamento financeiro.

No caso do presente trabalho, alguns parâmetros a serem considerados são:

- a) o imposto de renda foi calculado diretamente no Fluxo de Caixa e constitui 10% do lucro;
- b) para a Taxa Mínima de Atratividade foi considerada a taxa WACC (*Weighted Average Cost of Capital*), que caracteriza o mínimo que o investidor deseja que retorne deste projeto. No presente trabalho, foi considerada a taxa de 16%;
- c) o Valor Presente Líquido corresponde à diferença entre o valor presente das entradas e saídas menos o investimento inicial, e foi calculado separadamente para cada um dos cenários;
- d) a Taxa Interna de Retorno é a taxa de juros que iguala o VPL dos fluxos de caixa a zero, e foi calculada separadamente para cada um dos cenários;

- e) o *Payback* corresponde ao tempo necessário para que o investimento seja recuperado, e foi calculado separadamente para cada um dos cenários.

4.6.1 Projeção de fluxo de caixa e indicadores de viabilidade do cenário 1

A Figura 34 apresenta o desempenho do fluxo de caixa de Logística Reversa no cenário 1 nos sete primeiros anos.

Figura 34 - Fluxo de Caixa para o Cenário 1

Categoria	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(=) Saldo Inicial	R\$ -	-R\$ 208.958,07	R\$ 558.096,27	R\$ 1.248.445,18	R\$ 1.869.759,20	R\$ 2.428.941,82	R\$ 2.932.206,17
(+) Receita Bruta	R\$ -	R\$ 993.424,32	R\$ 993.424,32	R\$ 993.424,32	R\$ 993.424,32	R\$ 993.424,32	R\$ 993.425,32
(=) Receita Líquida	R\$ -	R\$ 784.466,25	R\$ 1.551.520,59	R\$ 2.241.869,50	R\$ 2.863.183,52	R\$ 3.422.366,14	R\$ 3.925.631,49
(-) Custos e Despesas	-R\$ 188.561,88	-R\$ 162.959,28	-R\$ 162.959,28	-R\$ 162.959,28	-R\$ 162.959,28	-R\$ 162.959,28	-R\$ 162.959,28
(-) Depreciação	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00
(=) LAIR	-R\$ 189.961,88	R\$ 620.106,97	R\$ 1.387.161,31	R\$ 2.077.510,22	R\$ 2.698.824,24	R\$ 3.258.006,86	R\$ 3.761.272,21
(-) IR	-R\$ 18.996,19	-R\$ 62.010,70	-R\$ 138.716,13	-R\$ 207.751,02	-R\$ 269.882,42	-R\$ 325.800,69	-R\$ 376.127,22
(=) Lucro Líquido	-R\$ 208.958,07	R\$ 558.096,27	R\$ 1.248.445,18	R\$ 1.869.759,20	R\$ 2.428.941,82	R\$ 2.932.206,17	R\$ 3.385.144,99
<i>Período de Payback</i>	-R\$ 208.958,07	R\$ 349.138,21	R\$ 1.597.583,39	R\$ 3.467.342,59	R\$ 5.896.284,41	R\$ 8.828.490,58	R\$ 12.213.635,57

Fonte: Da autora (2023).

Por meio da análise dos demonstrativos, observou-se que o Valor Presente Líquido apontou um valor positivo, validando que a soma dos valores descontados é superior aos investimentos e garantindo que o projeto é viável, assim como o valor encontrado para a Taxa Interna de Retorno, que foi superior à taxa de retorno mínima exigida.

Por fim, fazendo uso do método do *Payback*, averiguou-se que em pouco mais de quatro meses e quinze dias o investimento inicial será recuperado. Os valores obtidos dos indicadores econômicos podem ser observados na Tabela 8.

Tabela 8 - Indicadores econômicos para o Cenário 1

Indicador	Taxa
Taxa Mínima de Atratividade	16% a.a.
Valor Presente Líquido	R\$ 6.524.784,14
Taxa Interna de Retorno	356,92% a.a.
Período de <i>Payback</i>	4 meses e 15 dias

Fonte: Da autora (2023).

4.6.2 Projeção de fluxo de caixa e indicadores de viabilidade do cenário 2

A Figura 35 apresenta o desempenho do fluxo de caixa de Logística Reversa no cenário 2 nos sete primeiros anos.

Figura 35 - Fluxo de Caixa para o Cenário 2

Categoria	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(=) Saldo Inicial	R\$ -	-R\$ 208.958,07	-R\$ 111.289,77	-R\$ 3.854,64	R\$ 93.537,82	R\$ 181.191,03	R\$ 260.078,92
(+) Receita Bruta	R\$ -	R\$ 272.144,83	R\$ 272.144,83	R\$ 272.144,83	R\$ 272.144,83	R\$ 272.144,83	R\$ 272.145,83
(=) Receita Líquida	R\$ -	R\$ 63.186,76	R\$ 160.855,06	R\$ 268.290,19	R\$ 365.682,65	R\$ 453.335,86	R\$ 532.224,75
(-) Custos e Despesas	-R\$ 188.561,88	-R\$ 162.959,28	-R\$ 162.959,28	-R\$ 162.959,28	-R\$ 162.959,28	-R\$ 162.959,28	-R\$ 162.959,28
(-) Depreciação	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00
(=) LAIR	-R\$ 189.961,88	-R\$ 101.172,52	-R\$ 3.504,22	R\$ 103.930,91	R\$ 201.323,37	R\$ 288.976,58	R\$ 367.865,47
(-) IR	-R\$ 18.996,19	-R\$ 10.117,25	-R\$ 350,42	-R\$ 10.393,09	-R\$ 20.132,34	-R\$ 28.897,66	-R\$ 36.786,55
(=) Lucro Líquido	-R\$ 208.958,07	-R\$ 111.289,77	-R\$ 3.854,64	R\$ 93.537,82	R\$ 181.191,03	R\$ 260.078,92	R\$ 331.078,93
<i>Período de Payback</i>	-R\$ 208.958,07	-R\$ 320.247,84	-R\$ 324.102,48	-R\$ 230.564,66	-R\$ 49.373,63	R\$ 210.705,29	R\$ 541.784,22

Fonte: Da autora (2023).

Por meio da análise dos demonstrativos, observou-se que o Valor Presente Líquido apontou um valor positivo, validando que a soma dos valores descontados é superior aos investimentos e garantindo que o projeto é viável, assim como o valor encontrado para a Taxa Interna de Retorno, que foi superior à taxa de retorno mínima exigida.

Por fim, fazendo uso do método do *Payback*, averiguou-se que em pouco mais de cinco anos e dois meses o investimento inicial será recuperado. Os valores obtidos dos indicadores econômicos podem ser observados na Tabela 9.

Tabela 9 - Indicadores econômicos para o Cenário 2

Indicador	Taxa
Taxa Mínima de Atratividade	16% a.a.
Valor Presente Líquido	R\$ 111.949,50
Taxa Interna de Retorno	24,40% a.a.
Período de <i>Payback</i>	5 anos, 2 meses e 9 dias

Fonte: Da autora (2023).

4.6.3 Projeção de fluxo de caixa e indicadores de viabilidade do cenário 3

A Figura 36 apresenta o desempenho do fluxo de caixa de Logística Reversa no cenário 3 nos sete primeiros anos.

Figura 36 - Fluxo de Caixa para o Cenário 3

Categoria	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
(=) Saldo Inicial	R\$ -	-R\$ 208.958,07	-R\$ 97.475,02	R\$ 20.582,45	R\$ 126.834,17	R\$ 222.460,72	R\$ 308.524,62
(+) Receita Bruta	R\$ -	R\$ 284.703,69	R\$ 284.704,69				
(=) Receita Líquida	R\$ -	R\$ 75.745,62	R\$ 187.228,67	R\$ 305.286,14	R\$ 411.537,86	R\$ 507.164,41	R\$ 593.229,31
(-) Custos e Despesas	-R\$ 188.561,88	-R\$ 162.959,28					
(-) Depreciação	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00	-R\$ 1.400,00
(=) LAIR	-R\$ 189.961,88	-R\$ 88.613,66	R\$ 22.869,39	R\$ 140.926,86	R\$ 247.178,58	R\$ 342.805,13	R\$ 428.870,03
(-) IR	-R\$ 18.996,19	-R\$ 8.861,37	-R\$ 2.286,94	-R\$ 14.092,69	-R\$ 24.717,86	-R\$ 34.280,51	-R\$ 42.887,00
(=) Lucro Líquido	-R\$ 208.958,07	-R\$ 97.475,02	R\$ 20.582,45	R\$ 126.834,17	R\$ 222.460,72	R\$ 308.524,62	R\$ 385.983,03
<i>Período de Payback</i>	-R\$ 208.958,07	-R\$ 306.433,09	-R\$ 285.850,64	-R\$ 159.016,47	R\$ 63.444,25	R\$ 371.968,87	R\$ 757.951,90

Fonte: Da autora (2023).

Por meio da análise dos demonstrativos, observou-se que o Valor Presente Líquido apontou um valor positivo, validando que a soma dos valores descontados é superior aos investimentos e garantindo que o projeto é viável, assim como o valor encontrado para a Taxa Interna de Retorno, que foi superior à taxa de retorno mínima exigida.

Por fim, fazendo uso do método do *Payback*, averiguou-se que em pouco mais de quatro anos e oito meses o investimento inicial será recuperado. Os valores obtidos dos indicadores econômicos podem ser observados na Tabela 10.

Tabela 10 - Indicadores econômicos para o Cenário 3

Indicador	Taxa
Taxa Mínima de Atratividade	16% a.a.
Valor Presente Líquido	R\$ 231.744,54
Taxa Interna de Retorno	32,81% a.a.
Período de Payback	4 anos, 8 meses e 18 dias

Fonte: Da autora (2023).

5 CONCLUSÃO

O presente capítulo aborda as considerações obtidas por meio do presente trabalho, de forma a avaliar se os objetivos específicos de analisar a viabilidade técnico-econômica do processo de Logística Reversa foram alcançados, além de sugerir a estudos futuros possíveis melhorias. A relevância do estudo está em identificar se o processo de destinação ambientalmente adequada dos resíduos pós-consumo gera um retorno financeiro positivo.

Visto que o processo de Logística Reversa nunca tenha sido analisado pela empresa foi necessário mapear todas as etapas envolvidas, desde a coleta e triagem até o reuso, desmanche ou reciclagem. O entendimento dos sistemas de transformação e seus objetivos permitiu que fossem estruturados e analisados o sequenciamento, as aquisições essenciais e os métodos de controle para cada um. Com esses dados levantados, foi externalizado e apresentado o processo, no que diz respeito à estrutura e monitoramento de mercadorias.

A partir da metodologia entendida, foi possível dar início ao processo de simulação a eventos discretos. A modelagem gráfica permitiu uma reflexão acerca do fluxo produtivo e a melhor forma de organizá-lo, tornando a quantificar processos e pessoas envolvidas, além de qualificar e ordenar informações e detalhes. Nesse sentido, a técnica de modelagem IDEF-SIM foi essencial para o desenvolvimento do projeto de simulação no software FlexSim, que foi conduzido conforme o esperado e resultou no levantamento do custo na gestão do transporte.

Para que a análise de viabilidade pudesse ser realizada de forma assertiva, foi imprescindível a definição de cenários distintos relacionados a cada sistema. A aplicação de hipóteses e estatísticas foi uma alternativa positiva para encontrar as receitas totais. Prova disso são os ganhos e os gastos levantados com cada simulação de volumes de vendas, sem que despesas tenham sido envolvidas, maquinários adquiridos e colaboradores envolvidos no processo produtivo.

Além disso, outra vantagem que pode ser destacada é que o planejamento permitiu levantar análise de desempenho de cada sistema, destacando qual deles deve ser priorizado caso o processo de Logística Reversa seja futuramente implementado. Os estudos embasados na engenharia econômica para cada cenário desenvolvido são as alternativas para a análise dos resultados financeiros, e consequente tomada de decisão acerca do investimento de capital nesse sistema produtivo.

Por fim, pode ser concluído que os objetivos propostos pelo presente estudo foram atingidos, visto que foi possível conhecer o mapeamento do processo de Logística Reversa, desenvolver seu modelo conceitual em IDEF-SIM e computacional no software FlexSim, elaborar os cenários para cada sistema e analisar a viabilidade técnico-econômica na sua aplicação, tendo resultados positivos em todos os cenários propostos e gerando informações estratégicas para a tomada de decisão acerca de sua implementação.

Baseado nas estratégias de planejamento, simulação, concepção e análise de cenários, é possível afirmar que o processo de Logística Reversa é considerado viável. Conforme apresentam os indicadores econômicos de cada um, todos são economicamente interessantes, visto que os valores de VPL são positivos.

Dentre os três panoramas, o que oferece maior retorno em relação ao investimento inicial realizado diz respeito ao processo de reuso. O investimento inicial necessário para esta configuração totaliza R\$ 188.561,88, gerando um VPL de R\$ 6.524.784,14 ao final do período de sete anos e um retorno financeiro positivo em menos de um ano. Os outros dois cenários, com o mesmo investimento inicial necessário para esta configuração, são menos apreciados. O processo de reciclagem gera um VPL de R\$ 231.744,54 ao final do período de sete anos e um retorno financeiro positivo em pouco mais de quatro anos e oito meses. Por fim, o processo de desmanche gera um VPL de R\$ 111.949,50 ao final do período de sete anos e um retorno financeiro positivo em pouco mais de cinco anos e dois meses.

Como sugestão para trabalhos futuros, se indica uma análise de viabilidade mais detalhada para cada cenário, considerando outras cidades das regiões de coleta e aumentando o mix de produtos a serem analisados. Além do mais, a aplicação da simulação ao processo produtivo após o recebimento do material na empresa MAVE Comércio de Acessórios seria de grande valia para reduzir perdas, identificar gargalos, aumentar a produtividade, entre outras vantagens.

REFERÊNCIAS

ABDALLA, Fernando A.; SAMPAIO, Antônio C. F.. Os novos princípios e conceitos inovadores da Economia Circular. **Revista Entorno Geográfico**, v. 1, n. 15, p. 82-102, fev. 2018. Disponível em: <<https://entornogeografico.univalle.edu.co/index.php/entornogeografico/article/view/6712/9054>>. Acesso em: 16 abr. 2023.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos - Classificação, Rio de Janeiro, 2004.

AMAOMO, A. C. S.; COSTA, B. G.; SILVA, M. S. et al. Logística Reversa nas Metarlúrgicas. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 11., 2014, Rezende. **Anais [...]**. Rezende, RJ: Centro Universitário Dom Bosco do Rio de Janeiro, 2014. p.1-15. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/10220186.pdf>>. Acesso em: 28 mai. 2023.

AMARAL, Mariana Correa do; ZONATTI, Welton Fernando; SILVA, Karine Liotino da; et. al. Reciclagem industrial e reuso têxtil no Brasil: estudo de caso e considerações referentes à Economia Circular. **Gestão & Produção**, São Carlos, v. 25, n. 3, p. 431-443, set. 2018. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/gp/a/65F6GD8rvkYGfnqJQ83XWnF/?format=pdf&lang=en>>. Acesso em: 02 abr. 2023.

ASSIZ, Renata Cristina de. **Logística Reversa de Sucatas Metálicas não-ferrosas em uma indústria automobilística**: estudo de campo. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2016.

AZEVEDO, JULIANA LABOISSIÈRE DE. A Economia Circular aplicada no brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para a Logística Reversa. In: XI CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 2015, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: LATEC/UFF, 2015. p.01-16. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/51445596-A-economia-circular-aplicada-no-brasil-uma-analise-a-partir-dos-instrumentos-legais-existent-para-a-logistica-reversa.html>>. Acesso em: 20 abr. 2023.

BANKS, J.; Carson II, J.S.; Nelson, B.L.; Nicol, D.M. **Discrete event system simulation**. 4rd Ed. Prentice Hall, 2005.

BARBOSA, Gabriela Diedrichs. **Alternativas de parcerias para a prática da Logística Reversa entre indústrias têxteis e de confecções do APL de Cianorte-PR: uma análise especializada**. 2015. 68 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2015.

BRANDALISE, L. T. **Modelo suporte à gestão organizacional com base no comportamento do consumidor considerando sua percepção a variável ambiental nas etapas da Análise do Ciclo de Vida do produto**. 2006. 195 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

CALLEFI, Mario Henrique Bueno Moreira; BARBOSA, Willyan Prado; RAMOS, Diego Vieira. O papel da Logística Reversa para as empresas: fundamentos e importância. **Revista Gestão Industrial**, Ponta Grossa, v. 13, n. 4, p. 171-187, out./dez. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/5844/5500#>>. Acesso em: 16 abr. 2023.

CARVALHO, Denise da Silva Mota. **Economia Circular**. 1. ed. São Paulo, SP: Platos Soluções Educacionais, 2021.

CHEMIN, Beatris Francisca. **Manual da Univates para trabalhos acadêmicos: Planejamento, elaboração e apresentação**. 4. ed. Lajeado: Editora Univates, 2022.

CHWIF, Leonardo. **Redução de Modelos de Simulação de Eventos Discretos na sua Conceção: Uma Abordagem Causal**. 1999. 151 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.

CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: teoria e aplicação**. São Paulo: do Autor, 2010.

CORMACK, A.; SOARES, C. DANIELE, A. et al. Modelagem e simulação do processo de produção de fantasia: um estudo de caso na escola de samba acadêmica do Grande Rio. p. 690-702 . In: Anais do XVIII Simpósio de Pesquisa Operacional & Logística da Marinha. São Paulo: Blucher, 2016.

COSTA, A.; SAURIN, V. Análise da utilização da demonstração do fluxo de caixa como um instrumento de gestão financeira nas sociedades anônimas de capital aberto do estado do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências da Administração**, v. 10, n. 22, p. 55-79, set/dez de 2008. Disponível em: <<https://www.redalyc.org/pdf/2735/273520177003.pdf>>. Acesso em: 18 nov. 2023.

COSTA, L. G.; VALLE. R. Logística Reversa: importância, fatores para a aplicação e contexto brasileiro. III SEGET – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://www.unirv.edu.br/conteudos/fckfiles/files/LOG%C3%8DSTICA%20REVERSA_Sua%20import%C3%A2ncia%20no%20cen%C3%A1rio%20ambiental,%20social%20e%20econ%C3%B4mico.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2023.

COSTA, Mariana Pinto e; Diagrama de Borboleta: No Caminho da Circularidade. **BeeCircular**, 05 ago. 2021. Disponível em: <<https://www.beecircular.org/post/diagrama-de-borboleta>>. Acesso em: 30 abr. 2023.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Introdução à Economia Circular**. Disponível em: <<https://ellenmacarthurfoundation.org/pt/temas/economia-circular-introducao/visao-geral>>. Acesso em: 19 mar. 2023.

FARIA, J. M. de; MASCARENHAS, M. P. Os desafios da Logística Reversa de resíduos sólidos. **LIBERTAS: Revista de Ciências Sociais Aplicadas**, v. 5, n. 2, p. 83-96, 18 dez. 2015. Disponível em: <<http://famigvirtual.com.br/famig-libertas/index.php/libertas/article/view/108>>. Acesso em: 16 abr. 2023.

FERREIRA, José Orlando. **Estudo da Viabilidade Técnico Econômica da Produção Industrial da Aguardente do Licor de Laranja**. Orientador: Dr. João Bosco Faria. 2005. 84 p. Dissertação (Mestrado) - Nutrição, Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, Araraquara, SP, 2005. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/88353/ferreira_jo_me_arafcf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 29 mai. 2023.

FUKUROZAKI, S.H.; SEO, E.S.M. Metodologia da análise de ciclo de vida: importância na inserção da tecnologia de célula a combustível do tipo PEMFC. In: WORKSHOP INTERNACIONAL SOBRE CÉLULAS A COMBUSTÍVEL, 2, 18-22 out, 2004, Campinas, SP. **Anais...** 2004. Disponível em: <http://repositorio.ipen.br/handle/123456789/17501>. Acesso em: 27 mai. 2023.

GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. **Metodologia da Pesquisa**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009. E-book. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/cursopgdr/downloadsSerie/derad005.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2023.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2002. Disponível em: <https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C1_como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2023.

JAMES, Sandra Lynette. **A Evolução da Economia Circular no Brasil através da implementação da Logística Reversa**. Orientador: Flávio de Miranda Ribeiro. 2021. 98 p. Dissertação (Mestrado) – Direito, Universidade Católica De Santos, Santos, SP, 2021. Disponível em: <<https://tede.unisantos.br/bitstream/tede/7446/1/Sandra%20Lynette%20James.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2023.

JUGEND, Daniel; BEZERRA, Barbara Stolte; SOUZA, Ricardo Gabbay de. **Economia Circular: uma rota para a sustentabilidade**. 1. ed. São Paulo, SP: Actual, 2022.

LEAL, F. **Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional**. (Dissertação) Mestrado. 223p. Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, 2003.

LEAL, F.; OLIVEIRA, M. L. M.; ALMEIDA, D. A. de; MONTEVECHI, J. A. B. Desenvolvimento e aplicação de uma técnica de modelagem conceitual de processos em projetos de simulação: o IDEF-SIM. In: **Anais do XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador, BA, 2009.

LEITÃO, Alexandra. Economia Circular: uma nova filosofia de gestão para o séc. XXI. **Universidade Católica Portuguesa, Faculdade de Economia e Gestão**, v. 1, n. 2, p. 150-171, set. 2015. Disponível em: <<https://repositorio.ucp.pt/bitstream/10400.14/21110/1/Economia%20circular-Uma%20nova%20filosofia%20de%20gest%C3%A3o%20para%20o%20s%C3%A9c.%20XXI.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2023.

LEITE, Paulo R. **Logística Reversa**. São Paulo, SP: Editora Saraiva, 2017. E-book. ISBN 9788547215064. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788547215064/>. Acesso em: 21 mai. 2023.

LIMA, H. T.; MAIA, J. L. G.; MEZA, E. B. M. et al. Aplicação da Simulação Discreta para Melhoria do Gerenciamento de Incidentes de Sistemas de Informação em uma Empresa do Setor de Petróleo e Gás. XII Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos15/42222493.pdf>>. Acesso em: 14 out. 2023.

LIMA, J. P.; LOBATO, K. C. D.; LEAL, F. Aplicação do IDEF-SIM na modelagem conceitual de processos de seleção de resíduos sólidos urbanos. XLIII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://din.uem.br/sbpo/sbpo2011/pdf/90496.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2023.

LOZADA, Gisele; NUNES, Karina S. **Metodologia científica**. Porto Alegre, RS: Grupo A, 2019. E-book. ISBN 9788595029576. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595029576/>. Acesso em: 13 mai. 2023.

Logística Reversa. Ministério do Meio Ambiente, [2022]. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-perigosos/logistica-reversa.html#portal-siteactions>>. Acesso em: 02 abr. 2023.

LUZ, Charlene Bitencourt Soster; BOOSTEL, Isis. **Logística Reversa**. 1. ed. São Paulo, SP: Sagah Educação S.A., 2019.

LUZ, Charlene Bitencourt S.; SILVEIRA, Michele L. **Logística Reversa**. São Paulo, SP: Editora Saraiva, 2021. E-book. ISBN 9786553560437. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786553560437/>. Acesso em: 22 mai. 2023.

MATTAR, João; RAMOS, Daniela Karine. **Metodologia da pesquisa em educação: abordagens qualitativas, quantitativas e mistas**. 1. ed. São Paulo, SP: Edições 70, 2021

MESACASA, A. **A indústria de confecção do vestuário do município de Pato Branco:** aspectos de desenvolvimento, gestão, design, e proposta de reaproveitamento dos resíduos têxteis. 2012. 277 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, PR: 2012.

MONTEIRO, Mônica. Economia Circular. **Revista Start&Go**, n. 20, p. 1-35, abr. 2018. Disponível em: <<https://www.startandgo.pt/pubs/startgo20.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2023.

MOTTA, W. H.; ALMEIDA, L. N.; LUCIDO, G. L. A. Logística Reversa de resíduos sólidos: uma proposta aplicada à indústria de confecção de vestuário. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção. 31., 2011, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ENEGEP, 2011.

NETO, Alexandre A.; LIMA, Fabiano G. **Fundamentos de Administração Financeira**, 3ª edição. São Paulo, SP: Grupo GEN, 2016. E-book. ISBN 9788597010145. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597010145/>. Acesso em: 29 mai. 2023.

NETO, João A.; BARROS, Marcos Cesar L.; CAMPOS SILVA, Willerson Lucas de. **Economia Circular, Sistemas Locais de Produção e Ecoparques Industriais**. São Paulo, SP: Editora Blucher, 2021. E-book. ISBN 9786555061963. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555061963/>. Acesso em: 23 mai. 2023

OLIVEIRA, Mona Liza Moura de. **Análise da aplicabilidade da técnica de modelagem IDEF-SIM nas etapas de um projeto de simulação a eventos discretos**. 2010. 168 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, MG, 2010.

PEIXOTO, Barthira Liandra Cordeiro; SOUZA, Igor Gabriel Santos; FERREIRA, Ketillin Nunes Santiago et al. A Logística Reversa no Brasil: responsabilidade ambiental e a perspectiva econômica. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 11., 2019, São Cristóvão. Anais [...]. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2019. p.164-177. Disponível em: <<https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/12570/2/LogisticaReversaBrasil.pdf>>. Acesso em: 16 abr. 2023.

PEREIRA, André L.; BOECHAT, Cláudio B.; TADEU, Hugo Ferreira B.; SILVA, Jersone Tasso M. **Logística Reversa e Sustentabilidade**. São Paulo, SP: Cengage Learning Brasil, 2012. *E-book*. ISBN 9788522113941. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522113941/>. Acesso em: 21 mai. 2023.

PEREIRA, T. F.; MONTEVECHI, J. A. B. et al.. A gestão do conhecimento na condução de projetos de simulação: um estudo de caso em empresas de consultoria. **Revista Gestão e Produção**, n. 1, p. 1-14, abr. 2019. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/gp/a/J8p8yp8Sv9YTBVJg55GhzVD/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 14 out. 2023.

PEREIRA, Wilson Inacio; CHWIF, Leonardo. Especificação do modelo conceitual em simulação de eventos discretos: aplicação em um caso real. In: **Anais do XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, São Carlos, SP, 2010.

PREBIANCA, L. B. B.; SILVA, J. D. Diagnóstico das práticas de Logística Reversa na indústria metal mecânica em Blumenau, Pomerode e Gaspar (SC). In: ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO, 9., 2021, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, SC: Universidade Federal de Santa Catarina, 2021. p.119-137. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/228937/vol%2003%20-119-137.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 28 mai. 2023.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. E-book. Disponível em: <<https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2023.

RAMOS, Albenides. **Metodologia da pesquisa científica: como uma monografia pode abrir o horizonte do conhecimento**. São Paulo, SP: Grupo GEN, 2009. *E-book*. ISBN 9788522465989. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522465989/>. Acesso em: 13 mai. 2023.

RAZZOLINI FILHO, E; BERTÉ, R. O reverso da logística e as questões ambientais no Brasil. Curitiba: InterSaberes, 2013.

REIS, Agda Franco Alves. **A relevância da demonstração do fluxo de caixa para a tomada de decisão**. 2017. 21 f. Monografia (Bacharelado em Ciências Contábeis), Centro Universitário do Cerrado Patrocínio. Patrocínio, 2017.

RILDO, Pereira Barbosa; IBRAHIN, Francini Imene Dias. **Resíduos sólidos: impactos, manejo e gestão ambiental**. 1. ed. São Paulo, SP: Érica, 2014.

RODRIGUES, Romante Ezer F. **Engenharia de desenvolvimento de produtos**. São Paulo, SP: Editora Saraiva, 2021. E-book. ISBN 9786589881544. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786589881544/>. Acesso em: 22 mai. 2023.

ROSS, Stephen; WESTERFIELD, Randolph; JORDAN, Bradford D.; et al. **Fundamentos de administração financeira**. Porto Alegre, RS: Grupo A, 2022. *E-book*. ISBN 9788582605783. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582605783/>. Acesso em: 29 mai. 2023.

SAMPIERI, Roberto Hernández; COLLADO, Carlos Fernández; LUCIO, María del Pilar Baptista. **Metodologia da pesquisa**. 5.ed. Porto Alegre, RS: Penso, 2013.

SANCHEZ, S.M. Work smarter, not harder: guidelines for design simulation experiments. Proceedings of the Winter Simulation Conference, Washington, 2007.

SANTOS, C. A. A.; BARRETO, M. C. R.; VIDESCHI, V. C. P.; et al. Fluxo de Caixa. **Universitari@: Revista Científica do Unisalesiano**, v. 1, n. 1, p. 1-11, jan/jun de 2010. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/pt/document/read/38851519/artigo-fluxo-de-caixa-final-unisalesiano>>. Acesso em: 03 jun. 2023.

SILVA, André Koide da. **Método para avaliação e seleção de softwares de simulação de eventos discretos aplicados à análise de sistemas logísticos**. São Paulo: 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3148/tde-09052007-160956/publico/DissertacaoAndreKoide.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2023.

SILVA, André Luiz Carvalhal da. **Matemática Financeira Aplicada**. 1.ed. São Paulo, SP: Atlas, 2005.

SILVEIRA, Augusto de Lima da; BERTÉ, Rodrigo; PELANDA, André Maciel. **Gestão de Resíduos Sólidos: cenários e mudanças de paradigma**. 1.ed. Curitiba, PR: InterSaberes, 2018.

VALLE, Rogério; SOUZA, Ricardo Gabbay de. **Logística Reversa: processo a processo**. 1. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2014.

WARTHA, J.; HAUSSMANN, D. C. S. Custo-benefício da reciclagem na indústria de confecção: um estudo de caso na empresa Dudalina S/A. In: Congresso USP de Iniciação Científica em Contabilidade. 3., 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2006.

WEETMAN, Catherine. **Economia Circular: conceitos e estratégias para fazer negócios de forma mais inteligente, sustentável e lucrativa**. 1. ed. São Paulo, SP: Autêntica Business, 2019.

APÊNDICE A - Clientes do estado do RS x Faturamento de 6 meses

CIDADE	QUANT. CLIENTES	VALOR FATURADO	PERC. DE FATURAMENTO	FATURAM. ACUMULADO	CURVA ABC (últimos 6 meses)
NOVO HAMBURGO	20	R\$ 351.052,58	7,492%	7,492%	A
ESTRELA	35	R\$ 333.226,85	7,112%	14,604%	A
CAXIAS DO SUL	122	R\$ 305.888,55	6,528%	21,133%	A
TRES CACHOEIRAS	19	R\$ 217.336,40	4,639%	25,771%	A
IBIRUBA	10	R\$ 192.445,10	4,107%	29,879%	A
CANOAS	35	R\$ 177.879,90	3,796%	33,675%	A
LAJEADO	51	R\$ 171.752,99	3,666%	37,341%	A
BENTO GONCALVES	110	R\$ 170.411,11	3,637%	40,978%	A
PORTO ALEGRE	41	R\$ 160.882,47	3,434%	44,411%	A
SANTA CRUZ DO SUL	28	R\$ 137.940,84	2,944%	47,355%	A
GARIBALDI	139	R\$ 106.084,97	2,264%	49,619%	A
IJUI	20	R\$ 104.090,79	2,222%	51,841%	A
VENANCIO AIRES	14	R\$ 86.687,45	1,850%	53,691%	A
SAO LEOPOLDO	16	R\$ 75.723,60	1,616%	55,307%	A
TUPANDI	5	R\$ 61.021,50	1,302%	56,610%	A
GRAVATAI	17	R\$ 60.609,70	1,294%	57,903%	A
BAGE	17	R\$ 59.105,83	1,261%	59,165%	A
FLORES DA CUNHA	19	R\$ 57.982,70	1,238%	60,402%	A
PASSO FUNDO	22	R\$ 56.197,01	1,199%	61,602%	A
TIO HUGO	4	R\$ 55.622,20	1,187%	62,789%	A
CARAZINHO	11	R\$ 52.311,90	1,116%	63,905%	A
ALVORADA	5	R\$ 51.939,58	1,109%	65,014%	A
BOM PRINCIPIO	5	R\$ 50.054,63	1,068%	66,082%	A
ERECHIM	15	R\$ 47.588,25	1,016%	67,098%	A
PELOTAS	17	R\$ 47.254,20	1,009%	68,106%	A
FARROUPILHA	36	R\$ 44.879,29	0,958%	69,064%	A
CAPAO DO LEAO	3	R\$ 43.728,30	0,933%	69,997%	A
HORIZONTALINA	11	R\$ 42.835,12	0,914%	70,912%	A
RIO GRANDE	13	R\$ 39.935,66	0,852%	71,764%	A
CARLOS BARBOSA	49	R\$ 37.842,41	0,808%	72,572%	A
AGUDO	3	R\$ 37.296,40	0,796%	73,368%	A
CACHOEIRINHA	6	R\$ 36.764,70	0,785%	74,152%	A
TERRA DE AREIA	7	R\$ 34.179,45	0,729%	74,882%	A
SAO LOURENCO DO SUL	9	R\$ 31.940,25	0,682%	75,563%	A
VACARIA	24	R\$ 31.546,90	0,673%	76,237%	A
SANTA ROSA	7	R\$ 31.319,33	0,668%	76,905%	A
SANTA MARIA	21	R\$ 29.932,86	0,639%	77,544%	A
PANTANO GRANDE	3	R\$ 29.486,10	0,629%	78,173%	A
ITQUI	5	R\$ 29.099,90	0,621%	78,794%	A
NOVA SANTA RITA	14	R\$ 28.573,20	0,610%	79,404%	A
SAPIRANGA	6	R\$ 26.831,46	0,573%	79,977%	A
TRES DE MAIO	16	R\$ 26.193,20	0,559%	80,536%	A
CAMAQUA	8	R\$ 25.604,20	0,546%	81,082%	A
VALE REAL	4	R\$ 24.386,40	0,520%	81,603%	A
CRUZ ALTA	8	R\$ 23.969,81	0,512%	82,114%	A
NOVA PRATA	11	R\$ 23.784,42	0,508%	82,622%	A
SAPUCAIA DO SUL	11	R\$ 23.757,80	0,507%	83,129%	A
ANTONIO PRADO	7	R\$ 22.604,70	0,482%	83,611%	A
PORTAO	5	R\$ 22.229,58	0,474%	84,086%	A
SAO BORJA	8	R\$ 21.184,10	0,452%	84,538%	A
VERANOPOLIS	18	R\$ 21.053,14	0,449%	84,987%	A
CACHOEIRA DO SUL	8	R\$ 20.460,22	0,437%	85,424%	B
BARAO	11	R\$ 20.039,75	0,428%	85,852%	B
SAO SEBASTIAO DO CAI	9	R\$ 19.201,90	0,410%	86,262%	B
SAO MARCOS	34	R\$ 18.887,60	0,403%	86,665%	B
OSORIO	7	R\$ 18.487,10	0,395%	87,059%	B
SAO MARTINHO	3	R\$ 18.324,53	0,391%	87,450%	B
CANGUCU	5	R\$ 17.881,40	0,382%	87,832%	B

(Continua...)

JULIO DE CASTILHOS	5	R\$ 17.268,90	0,369%	88,200%	B
TRES FORQUILHAS	2	R\$ 17.032,00	0,364%	88,564%	B
PARAI	6	R\$ 16.670,95	0,356%	88,920%	B
SANTANA DO LIVRAMENTO	6	R\$ 16.614,00	0,355%	89,274%	B
NOVA BRESCIA	1	R\$ 15.177,50	0,324%	89,598%	B
GETULIO VARGAS	5	R\$ 14.514,50	0,310%	89,908%	B
GLORINHA	3	R\$ 13.337,00	0,285%	90,193%	B
SANTIAGO	7	R\$ 13.307,20	0,284%	90,477%	B
VERA CRUZ	4	R\$ 12.714,10	0,271%	90,748%	B
ENCRUZILHADA DO SUL	2	R\$ 12.384,70	0,264%	91,012%	B
MONTENEGRO	23	R\$ 11.636,61	0,248%	91,261%	B
CAMPO NOVO	1	R\$ 11.579,50	0,247%	91,508%	B
GUAIBA	6	R\$ 11.536,60	0,246%	91,754%	B
TRIUNFO	4	R\$ 11.507,80	0,246%	92,000%	B
SAO GABRIEL	8	R\$ 10.583,60	0,226%	92,226%	B
ROCA SALES	1	R\$ 10.209,56	0,218%	92,444%	B
CANDELARIA	3	R\$ 9.967,75	0,213%	92,656%	B
MOSTARDAS	3	R\$ 9.880,85	0,211%	92,867%	B
URUGUAIANA	11	R\$ 9.449,00	0,202%	93,069%	B
PORTO XAVIER	7	R\$ 8.978,00	0,192%	93,260%	B
MUCUM	3	R\$ 8.849,80	0,189%	93,449%	B
CERRO LARGO	3	R\$ 8.497,18	0,181%	93,631%	B
ESTACAO	2	R\$ 8.442,77	0,180%	93,811%	B
ROSARIO DO SUL	4	R\$ 8.270,60	0,177%	93,987%	B
BROCHIER	5	R\$ 8.090,70	0,173%	94,160%	B
SANTO ANGELO	10	R\$ 7.976,79	0,170%	94,330%	B
INDEPENDENCIA	1	R\$ 7.830,00	0,167%	94,497%	B
ENTRE-IJUIS	1	R\$ 7.648,90	0,163%	94,661%	B
IPE	4	R\$ 7.128,00	0,152%	94,813%	B
SERTAO	1	R\$ 6.990,00	0,149%	94,962%	B
TRES PASSOS	3	R\$ 6.738,00	0,144%	95,106%	C
IRAI	1	R\$ 6.659,80	0,142%	95,248%	C
NOVA BASSANO	6	R\$ 6.610,00	0,141%	95,389%	C
MARAU	7	R\$ 6.595,00	0,141%	95,530%	C
FAZENDA VILANOVA	3	R\$ 6.459,60	0,138%	95,668%	C
BOA VISTA DO BURICA	2	R\$ 6.420,90	0,137%	95,805%	C
FELIZ	6	R\$ 6.309,92	0,135%	95,939%	C
CAMPO BOM	8	R\$ 6.220,69	0,133%	96,072%	C
TORRES	1	R\$ 6.168,00	0,132%	96,204%	C
HARMONIA	4	R\$ 5.784,70	0,123%	96,327%	C
HUMAITA	1	R\$ 5.346,25	0,114%	96,441%	C
TUPANCIRETA	2	R\$ 5.218,60	0,111%	96,553%	C
SARANDI	6	R\$ 5.145,40	0,110%	96,662%	C
CAPELA DE SANTANA	2	R\$ 4.945,50	0,106%	96,768%	C
NAO-ME-TOQUE	3	R\$ 4.714,94	0,101%	96,869%	C
BOM JESUS	3	R\$ 4.703,60	0,100%	96,969%	C
LAGOA VERMELHA	3	R\$ 4.604,00	0,098%	97,067%	C
PARECI NOVO	2	R\$ 4.475,00	0,096%	97,163%	C
SERAFINA CORREA	7	R\$ 4.403,40	0,094%	97,257%	C
SAO LUIZ GONZAGA	2	R\$ 4.374,00	0,093%	97,350%	C
ENCANTADO	8	R\$ 4.283,02	0,091%	97,442%	C
ESTEIO	5	R\$ 4.279,00	0,091%	97,533%	C
FREDERICO WESTPHALEN	8	R\$ 4.154,40	0,089%	97,622%	C
SALVADOR DAS MISSOES	1	R\$ 3.855,34	0,082%	97,704%	C
MATO LEITAO	1	R\$ 3.730,00	0,080%	97,783%	C
DAVID CANABARRO	3	R\$ 3.727,90	0,080%	97,863%	C
TENENTE PORTELA	2	R\$ 3.451,98	0,074%	97,937%	C
TAPEJARA	7	R\$ 3.266,71	0,070%	98,006%	C

(Continua...)

(Conclusão)

ALEGRETE	2	R\$	3.236,00	0,069%	98,075%	C
TAPES	1	R\$	3.158,50	0,067%	98,143%	C
SERIO	2	R\$	2.917,00	0,062%	98,205%	C
CAMPINA DAS MISSOES	1	R\$	2.893,70	0,062%	98,267%	C
ARROIO DO MEIO	4	R\$	2.888,40	0,062%	98,329%	C
ANTA GORDA	1	R\$	2.876,00	0,061%	98,390%	C
ROQUE GONZALES	2	R\$	2.815,15	0,060%	98,450%	C
QUARAI	1	R\$	2.740,70	0,058%	98,508%	C
MORMACO	1	R\$	2.731,00	0,058%	98,567%	C
JAGUARAO	2	R\$	2.509,50	0,054%	98,620%	C
SAO MIGUEL DAS MISSOES	1	R\$	2.503,20	0,053%	98,674%	C
IGREJINHA	3	R\$	2.499,62	0,053%	98,727%	C
CAIBATE	1	R\$	2.458,50	0,052%	98,780%	C
SAO PEDRO DA SERRA	6	R\$	2.427,70	0,052%	98,831%	C
TABAI	1	R\$	2.322,90	0,050%	98,881%	C
CONSTANTINA	1	R\$	2.316,90	0,049%	98,930%	C
ESPUMOSO	4	R\$	2.247,73	0,048%	98,978%	C
GUAPORE	3	R\$	2.220,36	0,047%	99,026%	C
NOVA PETROPOLIS	3	R\$	2.111,60	0,045%	99,071%	C
NOVA CANDELARIA	2	R\$	2.027,20	0,043%	99,114%	C
CAMPESTRE DA SERRA	2	R\$	1.950,00	0,042%	99,156%	C
TEUTONIA	8	R\$	1.949,80	0,042%	99,197%	C
FAGUNDES VARELA	5	R\$	1.914,00	0,041%	99,238%	C
CRUZEIRO DO SUL	4	R\$	1.900,70	0,041%	99,279%	C
CACAPAVA DO SUL	7	R\$	1.696,30	0,036%	99,315%	C
SAO JORGE	1	R\$	1.678,00	0,036%	99,351%	C
MINAS DO LEAO	1	R\$	1.618,30	0,035%	99,385%	C
VIAMAO	4	R\$	1.512,00	0,032%	99,418%	C
ARROIO GRANDE	3	R\$	1.493,67	0,032%	99,449%	C
BOA VISTA DO SUL	11	R\$	1.454,00	0,031%	99,480%	C
TUPARENDI	3	R\$	1.448,00	0,031%	99,511%	C
SOLEDADE	4	R\$	1.419,79	0,030%	99,542%	C
BARAO DO TRIUNFO	1	R\$	1.397,09	0,030%	99,572%	C
PANAMBI	1	R\$	1.345,94	0,029%	99,600%	C
SOBRADINHO	1	R\$	1.338,80	0,029%	99,629%	C
PAROBE	1	R\$	1.319,20	0,028%	99,657%	C
JAGUARI	1	R\$	1.290,50	0,028%	99,685%	C
FONTOURA XAVIER	1	R\$	1.238,10	0,026%	99,711%	C
PALMEIRA DAS MISSOES	2	R\$	1.214,40	0,026%	99,737%	C
SANTANA DA BOA VISTA	1	R\$	1.192,80	0,025%	99,762%	C
NOVA ARACA	1	R\$	990,00	0,021%	99,783%	C
SENTINELA DO SUL	1	R\$	950,00	0,020%	99,804%	C
SAO FRANCISCO DE PAULA	5	R\$	910,30	0,019%	99,823%	C
SANTA CLARA DO SUL	1	R\$	847,50	0,018%	99,841%	C
CANELA	2	R\$	826,00	0,018%	99,859%	C
CATUIPE	2	R\$	788,58	0,017%	99,876%	C
CACEQUI	1	R\$	779,90	0,017%	99,892%	C
SANTO CRISTO	2	R\$	657,56	0,014%	99,906%	C
CHUI	1	R\$	609,25	0,013%	99,919%	C
AUGUSTO PESTANA	1	R\$	592,50	0,013%	99,932%	C
ARROIO DO TIGRE	1	R\$	584,50	0,012%	99,944%	C
SAO JOSE DO INHACORA	2	R\$	567,73	0,012%	99,957%	C
SAO PAULO DAS MISSOES	2	R\$	551,48	0,012%	99,968%	C
SAO VALENTIM	1	R\$	503,60	0,011%	99,979%	C
SANTA VITORIA DO PALMAR	1	R\$	381,00	0,008%	99,987%	C
CORONEL PILAR	4	R\$	242,00	0,005%	99,992%	C
IVOTI	2	R\$	179,30	0,004%	99,996%	C
DOCTOR RICARDO	1	R\$	175,80	0,004%	100,000%	C

Fonte: Da autora (2023).

APÊNDICE B - Volume de venda mensal para as cidades selecionadas

DESCRIÇÃO DO ITEM	VOLUME DE VENDAS 6M	VENDA MÉDIA MENSAL	PERC. DE VOL. DE VENDAS	FATURAM. ACUMULADO	CURVA ABC
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J	2115	353	19,506%	19,506%	A
CONJUNTO CINTA E CATRACA 800KG 25MM 3M S	1611	269	14,858%	34,363%	A
CINTA 5000KG 9M J	1020	170	9,407%	43,770%	A
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 6M J	661	110	6,096%	49,866%	A
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J	573	96	5,285%	55,151%	A
CONJUNTO CINTA E CATRACA 10000KG 9M J	406	68	3,744%	58,895%	A
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 12M J	400	67	3,689%	62,584%	A
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M J BRANCO	377	63	3,477%	66,061%	A
CINTA 5000KG 9M SIDER	373	62	3,440%	69,501%	A
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M J BRANCO	359	60	3,311%	72,812%	A
KIT MOTO CATRACA 800KG 25MM	283	47	2,610%	75,422%	A
CINTA 10000KG 9M PATOLA	234	39	2,158%	77,580%	A
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 3M S	219	37	2,020%	79,600%	A
CINTA 3000KG 9M J	143	24	1,319%	80,919%	A
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 3M S	139	23	1,282%	82,200%	A
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 25MM 6M J	137	23	1,263%	83,464%	A
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG GIRATORIO 4M LARANJA	135	23	1,245%	84,709%	A
CATRACA 5000KG J	133	22	1,227%	85,936%	B
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 6M J BRANCO	131	22	1,208%	87,144%	B
CONJUNTO CINTA E CATRACA 2000KG 9M J	117	20	1,079%	88,223%	B
CONJUNTO CINTA E ESTICADOR 800KG 25MM 1M J	110	18	1,014%	89,237%	B
CONJUNTO CINTA E CATRACA 4000KG 9M J	108	18	0,996%	90,233%	B
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 6M J	102	17	0,941%	91,174%	B
CINTA 10000KG 9M J	88	15	0,812%	91,986%	B
CONJUNTO GRANELEIRO 3000KG	80	13	0,738%	92,723%	B
CINTA 1500KG 50MM 9M J	70	12	0,646%	93,369%	B
CATRACA FIXA 5000KG UM FURO	69	12	0,636%	94,005%	B
CATRACA FIXA 5000KG DOIS FUIROS	48	8	0,443%	94,448%	B
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 50MM 9M J	43	7	0,397%	94,845%	B
CINTA 10000KG 11M J	40	7	0,369%	95,214%	C
CINTA 3000KG 9M SIDER	40	7	0,369%	95,582%	C
CONJUNTO CINTA E CATRACA 800KG 25MM 2M S	40	7	0,369%	95,951%	C
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 9M SIDER	34	6	0,314%	96,265%	C
CONJUNTO CINTA E CATRACA 10000KG 9M J BRANCO	30	5	0,277%	96,542%	C
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 5M J	29	5	0,267%	96,809%	C
CONJUNTO CINTA E ESTICADOR 800KG 25MM 3M S	22	4	0,203%	97,012%	C
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 7M J BRANCO	21	4	0,194%	97,206%	C
CATRACA 5000KG SIDER	20	3	0,184%	97,390%	C
CATRACA FIXA REFORCO U COM CHAPA	20	3	0,184%	97,574%	C
CINTA 5000KG 9M J BRANCO	20	3	0,184%	97,759%	C
CATRACA FIXA 100MM COM CHAPA	17	3	0,157%	97,916%	C
CATRACA MOVEL 3000KG	17	3	0,157%	98,072%	C
CONJUNTO CINTA E CATRACA 7000KG 9M J	16	3	0,148%	98,220%	C
CINTA 2000KG 9M J	15	3	0,138%	98,358%	C
CONJUNTO CINTA E CATRACA 1500KG 35MM 9M J	15	3	0,138%	98,497%	C
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 9M SIDER	12	2	0,111%	98,607%	C
CATRACA 10000KG J	11	2	0,101%	98,709%	C
CATRACA MOVEL 800KG 25MM	10	2	0,092%	98,801%	C
CINTA 3000KG 9M J BRANCO	10	2	0,092%	98,893%	C
CINTA 5000KG 5M J PRETO	10	2	0,092%	98,986%	C
CONJUNTO CINTA E CATRACA 10000KG 9M PATOLA	10	2	0,092%	99,078%	C
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 3M J BRANCO	10	2	0,092%	99,170%	C
CONJUNTO CINTA E CATRACA 3000KG 4M J BRANCO	10	2	0,092%	99,262%	C
KIT MOTO ESTICADOR 800KG 25MM	10	2	0,092%	99,354%	C
RABICHO 3000KG J	10	2	0,092%	99,447%	C
REDE 3M X 3M - 3000KG - 33CM - 6 CINTAS	10	2	0,092%	99,539%	C
CATRACA 10000KG PATOLA	8	1	0,074%	99,613%	C
CINTA 10000KG 9M TRIANGULO BRANCO	8	1	0,074%	99,686%	C
CATRACA 3000KG J	7	1	0,065%	99,751%	C
CATRACA MOVEL 1500KG 25MM	4	1	0,037%	99,788%	C
CATRACA MOVEL 1500KG 35MM	4	1	0,037%	99,825%	C
CINTA 5000KG 2M J	4	1	0,037%	99,862%	C
CINTA 5000KG 2M J DOIS GANCHOS	4	1	0,037%	99,899%	C
CONJUNTO CINTA E CATRACA 5000KG 4M GIRATORIO	4	1	0,037%	99,935%	C
REDE 3M X 3M - 3000KG - 33CM - 4 GANCHOS	4	1	0,037%	99,972%	C
REDE 3M X 3M - 3000KG - 45CM - 6 CINTAS	3	1	0,028%	100,000%	C

Fonte: Da autora (2023).