

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS  
CURSO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

Manuela Testoni

**Análise da implementação do DMAIC do Lean Seis Sigma na redução de desperdícios  
de logística interna de uma empresa do setor automotivo**

Florianópolis

2021

Manuela Testoni

**Análise da implementação do DMAIC do Lean Seis Sigma na redução de desperdícios  
de logística interna de uma empresa do setor automotivo**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Produção Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil com ênfase em produção.  
Orientador: Profa. Marina Bouzon, Dra.

Florianópolis

2021



Ficha de identificação da obra

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Testoni, Manuela

Análise da implementação do DMAIC do Lean Seis Sigma na  
redução de desperdícios de logística interna de uma empresa  
do setor automotivo / Manuela Testoni ; orientador, Marina  
Bouzon, 2021.

79 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa  
Catarina, , Programa de Pós-Graduação em , Florianópolis,  
2021.

Inclui referências.

1. . 2. DMAIC. 3. Lean Seis Sigma. 4. Logística. I.  
Bouzon, Marina. II. Universidade Federal de Santa  
Catarina. Programa de Pós-Graduação em . III. Título.

Manuela Testoni

**Análise da implementação do DMAIC do Lean Seis Sigma na redução de desperdícios  
de logística interna de uma empresa do setor automotivo**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Engenheira Civil com ênfase em produção” e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Engenharia de Produção.

Florianópolis, 01 de julho de 2021.

---

Profa. Mônica Maria Mendes Luna, Dra.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Profa. Marina Bouzon, Dra.  
Orientadora  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Carlos Manoel Taboada Rodriguez, Ph.D.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Glauco Garcia Martins Pereira da Silva Dr.  
Avaliador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus pais, que me apoiaram em cada etapa da vida.

## AGRADECIMENTOS

Eu gostaria, antes de tudo, agradecer a UFSC, que foi uma grande escola na minha vida. Esse espaço rico, em diversidade cultural e conhecimento, oportunidades e aprendizados, unidos em um só lugar, é realmente transformador. Foi durante meu período na universidade que vivi momentos incríveis, com pessoas excepcionais e criei lembranças que guardarei para a vida. Eu espero que as próximas gerações possam ter pelo menos um pouco disso que pude aproveitar.

Agradeço também a EJEJ, onde tive meu primeiro contato com o meio profissional e fui desafiada a sair da minha zona de conforto, além de ter passado bons momentos com todos os ejepianos da época. Igualmente ao GLean, que com certeza foi onde mais aprendi, ganhei confiança e que foi a minha porta de entrada para o mercado de trabalho. O caminho que estou trilhando agora foi por conta das experiências que adquiri até aqui.

A ENIM, que de uma forma ou outra, fez parte do final desse ciclo e que me proporcionou novos aprendizados, experiências e que realizou meu sonho de fazer um intercâmbio. Agradeço também a empresa onde fiz meu estágio final na França, que contribuiu para esse TCC. Obrigada pelos ensinamentos e pelo clima agradável que fechou esse ciclo acadêmico de uma forma excepcional.

Agradeço principalmente às pessoas que fizeram parte dessa vivência durante todos esses anos e que participaram das belas memórias que criei, sem vocês não teria sido nem metade. Especialmente à Kalina, David e Catarina que foram e são amigos essenciais e que levarei para a vida. As melhores lembranças são com vocês. Ao Thiago, meu namorado, que me encorajou e me deu o suporte necessário durante o desenvolvimento desse trabalho. À Sabrina, minha colega e amiga, por dividir esses últimos meses de graduação comigo e por todas as risadas partilhadas. Obrigada também à professora Marina, por me orientar durante a monografia. Seus conselhos foram essenciais para esse trabalho

Enfim e mais importante, agradeço a minha família que sempre me apoiou, me deu todos os recursos e principalmente me encorajou a trilhar o meu próprio caminho e chegar até aqui.

A imaginação é mais importante que a ciência, porque a ciência é limitada, ao passo que a imaginação abrange o mundo inteiro (EINSTEIN, 1931).

## RESUMO

A importância da logística nas empresas vem crescendo ao decorrer dos anos e é fator determinante para a competitividade em um mercado cada vez mais global. As metodologias de melhoria contínua, como o DMAIC do Lean Seis Sigma, fazem parte do dia a dia das empresas que querem obter melhores resultados. Entretanto, a grande maioria dos casos encontrados na literatura referem-se à produção, sendo poucos aqueles que estudam o uso dessas metodologias para melhorar os fluxos logísticos. O objetivo desse trabalho foi fazer uma revisão na literatura sobre o tema e em seguida aplicar o método DMAIC em estudo de campo, a fim de avaliar o seu potencial na redução de desperdícios da logística. Primeiramente, na fase “*Define*”, os objetivos do projeto foram estabelecidos com toda a equipe. A realidade do trabalho foi estudada detalhadamente, com base em discussões, observação de campo e mapeamento geral de fluxos para identificar os desperdícios. Em seguida, o projeto assumiu uma forma quantitativa, na fase de “*Measure*”, para calcular a carga de trabalho dos operadores de empilhadeira durante o desempenho de suas diversas funções. O resultado desta etapa desencadeou várias análises que foram estudadas na fase “*Analyse*”. Para tanto, foi utilizada a matriz “Oceano Azul”, que permitiu, a partir de uma categorização, definir qual seria a estratégia de cada categoria. Na próxima etapa “*Improve*”, foram elaborados planos de ação para solucionar os problemas encontrados e atingir os objetivos do projeto. Um total de doze planos foram criados, agrupados no roteiro do projeto. Por fim, na fase de “*Control*”, o objetivo era apoiar a equipe responsável pela continuação do projeto, composta principalmente pelo gerente de operações do prestador de serviço e pelos gerentes de serviço da empresa estudada. O resultado foi o aumento da produtividade em potencial e validação do uso do DMAIC na melhora dos fluxos internos da logística para esse estudo de caso. Com isso, deixa-se como contribuição a validação do DMAIC para reduzir desperdícios da logística e também um exemplo da aplicação que pode ser generalizado e replicado em outros contextos.

**Palavras-chave:** DMAIC. Logística. Lean Seis Sigma.

## ABSTRACT

The importance of logistics in companies has been growing over time and is a determining factor for competitiveness in an increasingly international market. Continuous improvement methodologies, such as Lean Six Sigma's DMAIC, are part of everyday life for companies that want to achieve better results. However, most cases found in the literature refer to production, with a few studying the use of these methodologies to improve logistical flows. The objective of this work was to make a literature review on the subject and then apply the DMAIC method in a case study, to assess its potential in reducing waste in logistics. First, in the "Define" phase, the project objectives were established with the entire team. The reality of the work was studied in detail, based on discussions, field observation and general flow mapping to identify waste. The project then took a quantitative form, in the "Measure" phase, to calculate the workload of forklift operators while performing their various functions. The result of this step triggered several analyzes that were studied in the "Analyse" phase. For that, the "Blue Ocean" matrix was used, which allowed, from a categorization, to define what would be the strategy of each category. In the next step "Improve", action plans were drawn up to solve the problems encountered and achieve the project's objectives. A total of twelve plans were created, grouped together in the project roadmap. Finally, in the "Control" phase, the objective was to support the team responsible for the continuation of the project, mainly composed of the service provider's operations manager and the studied company's service managers. The result was increased potential productivity and validation of the use of DMAIC on improving internal logistics flows for this case study. Thus, the validation of DMAIC is left as a contribution to reduce waste in logistics and as an example of the application that can be generalized and replicated in other contexts.

**Keywords:** DMAIC. Logistics. Lean Six Sigma.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Principais fluxos logísticos. ....	24
Figura 2 – Os diferentes níveis de pilotagem. ....	30
Figura 3 – Caracterização da pesquisa. ....	36
Figura 4– Procedimento metodológico ....	37
Figura 5 - Planta da fábrica WYZ. ....	39
Figura 6 – Indicadores estratégico em deriva da empresa XYZ.....	41
Figura 7 – Diagrama de spaghetti da zona de recepção. ....	42
Figura 8 – Diagrama de Spaghetti da zona de embalagens. ....	43
Figura 9 – Diagrama de Spaghetti da zona de produção. ....	44
Figura 10 – Diagrama de Spaghetti das zonas de produção e expedição. ....	44
Figura 11– Diagrama dos fluxos logísticos ....	45
Figura 12–Walk of Process do projeto. ....	46
Figura 13– Gráfico de repartição dos desperdícios encontrados.....	48
Figura 14– Resultado dos testes Minitab para o fluxo da recepção ao portapalete de componentes. ....	50
Figura 15– Gráfico das horas por semana com 15% de margem da carga total calculada. ....	53
Figura 16 – Gráfico da repartição da carga das atividades por zona logística. ....	54
Figura 17–Diagrama dos fluxos logísticos. ....	55
Figura 18– Gráfico de pareto das atividades logísticas ....	56
Figura 19 – Gráfico em operador por 24h ....	57
Figura 20 – Matriz Oceano Azul. ....	60
Figura 21– Matriz de prioridade das categorias. ....	62
Figura 22 – Exemplo de um "Initiative Charter".....	64
Figura 23– Roteiro do projeto. ....	65
Figura 24– Plano de ação.....	66
Figura 25– Cenário do projeto.....	67

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1– Etapas do DMAIC. ....	32
Quadro 2– Quadro de problemas encontrados na empresa XYZ. ....	47
Quadro 3– Categoria das iniciativas de trabalho. ....	59

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1– Tabela de cálculo da média de paletes na recepção.....	50
Tabela 2– Extrato da tabela de cálculo da carga de trabalho .....	52

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ERP – Enterprise Ressources Planning

FMECA – Failure Modes, Effects and Criticality, Analysis

MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor

QFD – Quality Function Deployment

SIPOC – Suppliers, Input, Process, Output, Customer

SPC – Statistical Process Control

VOC – Voice of Costumer

## GLOSSÁRIO

*Milk Run* – Sistema de entrega na logística com rotas pré-definidas em quantidade precisas.

*Kanban* – Do japonês, sinal, kanban é um sistema de operação de produção para alertar o consumo do estoque de produto acabado e intermediário e enviar um sinal/comando para produzir aquilo que foi consumido.

*Flowrack* – Sistema de prateleiras com auxílio da gravidade que permite o uso das peças na ordem de chegada.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1	OBJETIVOS .....	16
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>16</b>
1.2	JUSTIFICATIVA .....	17
1.3	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	18
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	18
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>20</b>
2.1	PENSAMENTO LEAN.....	20
<b>2.1.1</b>	<b>Princípios Lean .....</b>	<b>20</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Os 8 Desperdícios.....</b>	<b>22</b>
2.2	LOGÍSTICA LEAN.....	23
<b>2.2.1</b>	<b>Logística.....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Logística <i>Lean</i> .....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Desperdícios da logística <i>lean</i> .....</b>	<b>26</b>
2.3	LEAN SEIS SIGMA .....	28
<b>2.3.1</b>	<b>Seis Sigma.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Implementação.....</b>	<b>29</b>
<b>2.3.3</b>	<b>DMAIC .....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Lean Seis Sigma .....</b>	<b>33</b>
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. ....	33
<b>3</b>	<b>MÉTODO .....</b>	<b>35</b>
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA .....	35
3.2	ETAPAS DA PESQUISA .....	36
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>38</b>
4.1	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA.....	38

4.2	DMAIC E RESULTADOS .....	40
<b>4.2.1</b>	<b>Definir .....</b>	<b>40</b>
4.2.1.1	<i>Escopo do projeto.....</i>	40
4.2.1.2	<i>Identificação dos desperdícios: .....</i>	42
<b>4.2.2</b>	<b>Measure .....</b>	<b>49</b>
4.2.2.1	<i>Coleta de dados .....</i>	49
4.2.2.2	<i>Cálculo da carga de trabalho.....</i>	51
<b>4.2.3</b>	<b>Analyse.....</b>	<b>58</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Improve.....</b>	<b>63</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Control.....</b>	<b>66</b>
4.3	DISCUSSÃO .....	68
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>71</b>
5.1	ATINGIMENTO DOS OBJETIVOS .....	71
5.2	LIMITAÇÕES E FUTURAS PESQUISAS .....	71

## 1 INTRODUÇÃO

Com o avanço da economia mundial e a intensificação das relações comerciais internacionais, o setor empresarial enfrenta cada vez mais dificuldades para competir a nível global. A participação das empresas internacionais no mercado nacional demanda cada vez mais esforço por parte das indústrias locais para responder às necessidades do cliente com maior qualidade e baixo custo (ALI et al., 2020).

Nesse cenário, as empresas de manufatura não devem se preocupar apenas com a produção, mas também com a eficiência e eficácia de toda a cadeia de suprimentos, desde as atividades da compra da matéria prima até a entrega de produtos acabados (GULTOM; WIBISONO, 2019; SOPADANG et al., 2014). Portanto, em um mercado globalizado, a logística tem papel crucial e necessita ser constantemente de melhorias em seus processos. Ela abrange todas as operações necessárias para a entrega de qualquer produto (ou serviço) ao cliente (BAUDIN, 2004). Além de ser responsável pela gestão dos fluxos de materiais entre as diferentes áreas de produção (comumente chamada de logística interna - LI), também gerencia o fluxo de informações intrínsecas ao fluxo de materiais, como operações de transação, previsões, planejamento de produção etc.

Com o objetivo de entregar melhor qualidade com menor custo, as metodologias de melhoria contínua têm sido muito procuradas. A melhoria contínua é definida como o estudo do que funciona e do que não funciona, por que e em quais condições (SOUSA; ANTUNES, 2014). É um processo sistemático, organizado e planejado de mudança contínua das práticas existentes em uma organização para melhorar seu desempenho (SOUSA; ANTUNES, 2014; SOPADANG et al., 2014). As empresas que usam o processo de melhoria contínua se concentram na realização de várias mudanças de pequena escala, começando pelas atividades de logística interna, criando um grande efeito cumulativo em toda a cadeia.

O Sistema Toyota de produção (TPS), também conhecido como *Lean Thinking*, foi pioneiro das metodologias de melhoria contínua e ainda é referência no assunto hoje (DE CARVALHO et al., 2017; GONÇALES FILHO et al., 2014). O Lean é uma filosofia de melhoria contínua, que consiste em um método de trabalho o qual reúne diferentes práticas como *Just-in-Time*, *Kanban* e Trabalho Padronizado. Juntas, essas práticas transformam a mentalidade das empresas e geram equipes multifuncionais, focadas em entregar produtos de alta qualidade de acordo com a demanda do cliente e com mínimo desperdício (LIKER, 2005).

Além do *Lean*, para atingir um alto nível de qualidade, a Motorola introduziu o conceito de *Six Sigma*, nos anos 1980 (ALI et al., 2020). Esse conceito consiste em método

organizado e sistemático que visa a melhoria estratégica dos processos, assim como desenvolvimento de produtos e serviços e baseado nos métodos estatísticos e científicos para reduzir drasticamente os defeitos de produção (LINDERMANN et al., 2003).

Em 1990, os dois conceitos foram unificados resultando num método poderoso. Pande (2004) definiu o *Lean Six Sigma* como uma filosofia de negócios, uma metodologia sistêmica e sistemática através da redução de desperdícios e atividades que não agregam valor a partir de uma transformação radical de melhoria contínua.

Uma pesquisa conduzida por de Carvalho et al. (2017) mostrou o aumento da popularidade do tema *Lean Six Sigma* em diversos setores das indústrias, principalmente no setor automotivo, sendo também a metodologia mais usada para melhoria contínua. Entretanto a relação entre lean six sigma e logística ainda foi pouco explorada, apenas alguns artigos tratam dos dois temas juntos (GULTOM; WIBISONO, 2019; SANTOS; ARAUJO, 2018; DE CARVALHO et al., 2017).

Considerando essa lacuna na literatura e a crescente necessidade de melhoria da logística por parte das indústrias, esse trabalho busca enriquecer os conhecimentos da área, relacionando-os da forma mais completa possível. Para isto, são utilizados exemplos reais, práticos e mensuráveis.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

Analisar os impactos da implementação do Lean Seis Sigma na redução de desperdícios na logística interna.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- I – Identificar os métodos de aplicação do Lean Seis Sigma;
- II - Identificar os desperdícios do Lean na Logística;
- III - Aplicar o método DMAIC em um estudo de campo;
- IV – Analisar o potencial desse método na redução de desperdícios da logística;
- V- Confrontar resultados obtidos na empresa com estudos anteriores no tema.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

A logística e gestão da cadeia de suprimentos tem sido um grande foco de estudos recentes, sobretudo com o objetivo de melhorar os fluxos de mercadoria e informação entre as diferentes empresas. O Conselho de Profissionais de Gestão da Cadeia de Suprimentos definiu, em 2003, que logística é a parte da gestão da cadeia de suprimentos que planeja, implementa e controla o fluxo eficiente e eficaz para frente e para trás e armazenamento de bens, serviços e informações relacionadas entre o ponto de origem e o ponto de consumo, a fim de atender aos requisitos dos clientes.

O aumento da complexidade das relações comerciais, devido à internacionalização do mercado mundial, requer que a gestão desses fluxos seja realizada de forma mais eficiente, sendo rapidamente adaptável a mudanças repentinas no comportamento do mercado. A própria crise do COVID 2019 forçou a readaptação de muitas empresas (FORTUNE, 2021), que viram sua demanda caindo pela metade, distribuindo esse comportamento ao longo da cadeia de suprimentos e forçando a adaptação também de seus fornecedores (XU et al., 2020; HOSSEINI et al., 2019).

Muitos estudos mostram aplicações do *Lean Thinking* nas empresas, sobretudo nos processos de produção (DE CARVALHO et al., 2017; DENNIS, 2008). Contudo, essas empresas sentem dificuldades para adaptar os conceitos do lean nas atividades de logística, mesmo possuindo grande potencial na área (DE CARVALHO et al., 2017; ZYLSTRA, 2008). O conceito de logística tem por objetivo entregar os materiais necessários, quando necessário, na quantidade necessária e convenientemente apresentado, para a produção com a logística *inbound* e para os clientes com a logística *outbound*; e eliminar os desperdícios nos processos logísticos sem causar prejuízos às entregas (ROSS et al., 2016; SILVA, 2011; BAUDIN, 2005).

Já *Lean Six Sigma* aplicado à logística surgiu em 2005 e foi explorado por Goldsby e Martichenko que a definiram como: A eliminação de desperdícios por meio de esforços disciplinados para entender e reduzir a variação, enquanto aumenta a velocidade e o fluxo na cadeia de abastecimento. Desde então, muitos trabalhos relacionaram o *lean* e o seis sigma na produção (HENNY et al., 2019; DRAMOWICK; CYPLIK, 2018; DE SOUSA et al., 2012) e o *lean* com a logística (SANTOS; ARAUJO, 2018; DE CARVALHO et al., 2017; ALVES; DOS SANTOS, 2013). Entretanto poucos falam sobre o método e aplicação do *lean seis sigma* na logística interna (GULTOM; WIBISONO, 2019, GUTIERREZ et al., 2016; MIJALEVSKI, 2013). Esses artigos encontrados normalmente tratam de resolver problemas específicos. Segundo de Carvalho et al. (2017), existe uma lacuna na literatura, pois faltam estudos e

pesquisas que abordem claramente os desperdícios da filosofia enxuta e do seis sigma no contexto logístico, bem como sua importância, fornecendo uma densa base teórica sobre esses desperdícios, para que o seu processo de identificação em contextos práticos possa ser simplificado.

### 1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O foco deste trabalho, como já mencionado, é analisar os resultados da aplicação do método DMAIC em uma empresa e avaliar o seu potencial na redução dos desperdícios de logística encontrados. A revisão bibliográfica foi feita a partir de trabalhos sobre as metodologias de melhoria contínua *Lean* e Seis Sigma, sobre o uso simultâneo do *Lean Seis Sigma* e sobre as diferentes aplicações na área da logística interna. Além disso, vale ressaltar que foram considerados artigos apenas nos idiomas inglês, português e francês, nos quais a autora possui fluência. O estudo de campo foi feito envolvendo todos os setores de logística abrangendo todas as áreas sob uma perspectiva analítica e de estudo do fluxo. Portanto, é possível avaliar os resultados na identificação e redução desses desperdícios.

A pesquisa foi realizada em uma empresa, do setor automotivo, localizada na França. Foram sugeridas diversas soluções aos problemas encontrados, porém nem todas foram inteiramente implementadas, pois não houve tempo. Portanto, o trabalho abrange os resultados já obtidos e discute também o potencial dos resultados que podem ser atingidos com o restante a ser colocado em prática.

Por fim, tendo em vista os objetivos delineados nesta pesquisa, é importante ressaltar que o foco do estudo foi na redução dos desperdícios em toda a logística, não se limitando a apenas uma área.

### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é dividido em cinco capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Métodos, Resultados e Discussão e Conclusão. A introdução contextualiza o trabalho e o situa perante a os temas atuais de pesquisa, além de explicitar os seus objetivos. Em seguida, o capítulo de revisão bibliográfica tem por objetivo buscar as contribuições e trabalhos já existentes sobre os principais temas que são abordados, bem como as oportunidades futuras de pesquisa. O próximo capítulo explica como o trabalho foi concebido e quais foram os métodos utilizados. Logo após, um capítulo é dedicado ao relato e discussão da aplicação do trabalho em um estudo de caso, detalhando as diferentes etapas e os resultados encontrados. No final desse capítulo

discutem-se os resultados através de uma comparação com o que foi encontrado na literatura na revisão bibliográfica. Por fim, o último capítulo conclui o trabalho, a partir de uma reflexão dos objetivos alcançados, levando em consideração as limitações da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse trabalho aborda o impacto das metodologias de melhoria contínua na redução de desperdícios na logística. Dessa forma, a fundamentação teórica a seguir aborda o pensamento lean e o seus desperdícios, sua aplicação na logística e, por fim, a metodologia DMAIC do Lean Seis Sigma.

### 2.1 PENSAMENTO LEAN

O pensamento Lean é um sistema de gestão, inspirado nas práticas do Sistema Toyota de Produção, que tem por objetivo melhorar a performance do negócio através da redução de desperdícios (GUTIERREZ et al., 2016; TUBINO, 2005; LIKER, 2004). Esse sistema desenvolveu-se ao longo dos anos e tornou-se essencial para as empresas de hoje que pretendem manter-se competitivas. (TORTORELLA et al., 2021; NORDIN; DEROS, 2017).

O Lean teve origem no Japão, após a segunda Guerra Mundial, quando o país sofreu com diversas perdas sociais e econômicas e enfrentava uma crise (WOMACK; JONES, 2004). Destruídas pelo país oponente, os Estados Unidos (EUA), as empresas japonesas precisavam encontrar uma estratégia para reerguer a economia do país. Com a indústria automotiva em alta somada à necessidade de superar as montadoras americanas, a Toyota desenvolveu uma estratégia para produzir com qualidade e com recursos limitados (DE CARVALHO et al., 2017; LIKER, 2004).

Um executivo chamado Taichii Ohno foi o idealizador dessa estratégia dentro da Toyota. Ele criou um sistema sólido baseado essencialmente em princípios que garantem uma produção focada no cliente, com a capacidade de entregar mais resultados com menos recursos, humanos, financeiros e materiais (DENNIS, 2008). Womack e Jones (2004) traduziram esses princípios em cinco, que consistem em uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção sempre que solicitadas e sempre buscar formas mais eficazes de realizá-las (TORTORELLA et al., 2021; MELTON, 2005). Esses princípios são explicados em detalhe no tópico seguinte.

#### 2.1.1 Princípios Lean

Os cinco princípios foram uma tradução do significado da produção Lean na Toyota, por Womack e Jones, 2004. Taichii Ohno, fundador do sistema Toyota dizia de maneira ainda mais resumida:

“O que estamos fazendo é observar a linha de tempo desde o momento em que o cliente nos faz um pedido até o ponto em que recebemos o pagamento. E estamos

reduzindo essa linha de tempo, removendo as perdas que não agregam valor.” (Ohno, 1988).

**ESPECIFICAR VALOR:** Valor é aquilo que o cliente está disposto a pagar, seja um produto ou serviço. Este princípio concentra-se na necessidade de especificar o valor e aquilo que o cliente precisa e quer, antes de qualquer outra tentativa de melhorar os processos, produtos ou serviços. Se os esforços forem despendidos para entregar algo que não importa para o cliente, é um desperdício. Depois de definido o valor, deve-se ainda especificar o custo-alvo com base no volume de recursos e no esforço necessário para fabricar um determinado produto ou entregar um serviço (WOMACK; JONES, 2004).

**CADEIA DE VALOR:** Uma vez que o valor é identificado a próxima etapa é identificar qual é a cadeia de valor, que são as ações necessárias para projetar, pedir e produzir um produto específico. Womack e Jones (2004) propõem que essas atividades devem ser classificadas em três categorias: Agrega valor, não agrega valor mais é necessário e não agrega valor. O objetivo é eliminar as atividades que não agregam valor e otimizar as que agregam ou que não agregam, mas são necessárias.

**ESTABELEECER O FLUXO:** O próximo princípio é estabelecer o fluxo contínuo na cadeia de valor. Esse deve ser sempre o objetivo máximo da produção enxuta (SATOLO et al., 2020; ROTHER; HARRIS, 2002). Lotes e filas são comuns, mas eles atrapalham a produtividade. O fluxo permite uma produção livre de interrupções, em que o produto passa de uma etapa a outra na sequência que deve ser feito, sem pulmões intermediários de itens semiacabados (DROSTE; DEUSE, 2011). Esse é o conceito de JIT de Taichii Ohno, em que os produtos devem chegar nas mãos do cliente no menor Lead Time possível, onde a produção só inicia após o pedido do cliente. Segundo Liker (2004), o JIT significa remover o máximo possível o estoque intermediário usado para amortecer as variações nas operações, permitindo assim o fluxo unitário de peças.

**PUXAR A PRODUÇÃO:** Womack e Jones (2004) definiram que puxar significa que um processo inicial não deve produzir um bem ou um serviço sem que o cliente de um processo posterior o solicite. De acordo com Rother e Harris (2002), esses processos normalmente são os mais importantes segmentos de um fluxo de valor, pois a maneira como eles operam afeta tanto a capacidade de atender adequadamente o cliente como também define a demanda para os processos anteriores. São eles que determinam o ritmo da produção de acordo com a demanda do cliente (GUTIERREZ et al., 2016).

**BUSCAR A PERFEIÇÃO:** A perfeição deve ser buscada continuamente. Ela é um estado ideal, desenhado pelas etapas anteriores, que serve de inspiração e direção para o progresso contínuo. Uma vez atingido o estado ideal, deve-se buscar um novo objetivo ainda melhor. Esse ciclo gera uma cultura de melhoria contínua, que através de atividades *Kaizen*, promove os resultados da empresa (SATOLO et al., 2020).

Junto a esses princípios existe uma série de ferramentas e conceitos que foram desenvolvidos, os quais tem como objetivo eliminar as perdas na produção e reduzir o Lead Time até o cliente (SATOLO et al., 2020; DENNIS, 2008). Alguns exemplos são o *just-in-time*, 5S, trabalho padronizado, melhoria contínua do processo (*kaizen*), balanceamento de linha, controle visual, mapa do fluxo de valor e nivelamento da produção (SATOLO et al., 2020; SANTOS; ARAUJO, 2018). Entretanto, Liker (2004) ressalta que o Sistema Toyota de Produção não é somente um kit de ferramentas, mas um sistema de produção sofisticado baseado em princípios e que propõe ferramentas para guiar o processo de melhoria contínua. Esse processo é equivalente, em sua essência, à redução dos desperdícios de produção (GULTOM; WIBISONO, 2019).

### 2.1.2 Os 8 Desperdícios

A base do sistema Toyota é a absoluta eliminação do desperdício (OHNO, 1997). Os desperdícios são qualquer atividade humana que absorve recursos, mas não cria valor (FATHURRAHMAN; HAKIM, 2020). A Toyota identificou 7 tipos de desperdícios e Liker (2004) acrescenta um oitavo, definidos abaixo.

- Superprodução: Produzir mais do que o cliente deseja, o que gera perda em excesso de funcionários, movimentação de materiais e estoque. Segundo Ohno (1997), esse desperdício potencializa todos os outros, pois além de fazer produtos para os quais não há demanda, esse desperdício gera todos os outros.
- Excesso de estoque: Excesso em matéria-prima, produtos em processamento ou produto acabado, que aumentam o Lead Time total e os custos de manutenção de estoque. Ainda, o estoque permite cobrir falhas na produção e oculta problemas como máquinas em pane, falta de matéria prima e caminhões atrasados.
- Espera: Tempo ocioso do operador, que espera uma máquina terminar seu ciclo ou a chegada de matéria prima para que ele possa realizar outra tarefa. Idealmente, um operador nunca deve esperar para poder trabalhar. As operações devem ser pensadas de forma que o operador sempre possa agregar valor.
- Processamento indevido: Realizar operações a mais que o necessário para atender os requisitos de qualidade, usando mais recursos humanos, tempo e financeiros. É desperdício pois, salvo em caso em que se busca desenvolver os

produtos, realizar atividades a mais do que o cliente se dispõe a pagar é desperdício.

- Defeito: Produção de peças que não estão dentro das especificações do cliente, que possuem algum problema de qualidade e que não podem ser vendidas. Consertar e retrabalhar significam perda de tempo, dinheiro e recursos humanos.
- Movimentação: Desperdício de gestos e movimentos do operador no posto de trabalho para executar suas funções, como buscar uma ferramenta e empilhar peças.
- Transporte: Movimento de produto, matéria prima de um ponto ao outro que não agrega valor, percorrendo longas distâncias.
- Criatividade: Perda de tempo, ideias e habilidades por não valorizar e não utilizar a criatividade e o intelecto dos seus funcionários para melhorar as atividades, produtos e serviços.

O Lean tem sido amplamente aceito pela indústria de manufatura para melhorar o desempenho e minimizar o desperdício existente, tanto no processo de produção quanto na logística e cadeia de suprimentos (GULTOM; WIBISONO, 2019; INDRAWATI; RIDWANSYAH, 2015). Melhorias em todos os estágios da cadeia de suprimentos resultam em custos reduzidos, melhor utilização de recursos e maior eficiência do sistema. A gestão eficaz e eficiente da cadeia de suprimentos e logística desempenha um papel fundamental na obtenção de vantagem competitiva (GUTIERREZ et al., 2016; RAHMAN, 2006).

## 2.2 LOGÍSTICA LEAN

### 2.2.1 Logística

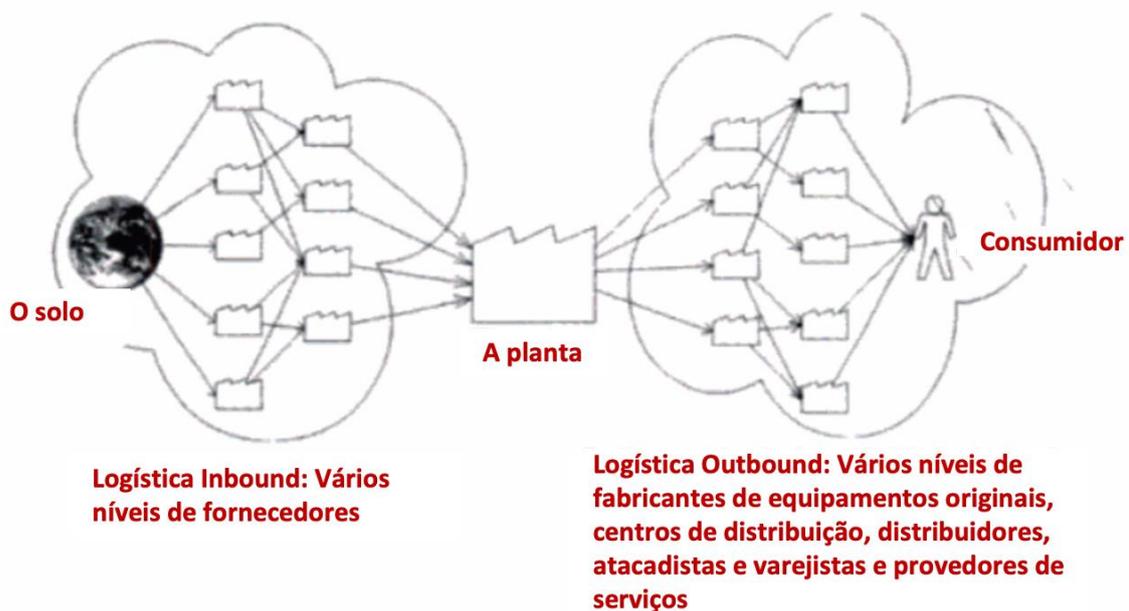
A logística é composta por todas as atividades necessárias para entregar produtos ou serviços aos clientes, com exceção da transformação de material ou produção propriamente dita (BAUDIN, 2004). Além da execução, a logística envolve o planejamento e controle dessas atividades de fluxo de mercadoria, de serviços e de informação, do ponto de origem ao ponto de consumo final (BALLOU, 2009).

As operações logísticas se transformaram muito ao longo dos anos para atender às exigências dos clientes. A globalização permitiu os mercados se expandirem e as empresas passaram a buscar fornecedores internacionais, que oferecem produtos a preços mais baixos e se dispõem a vender para o mundo todo. Com isso, as relações comerciais tornam-se mais complexas ao longo de toda a cadeia de suprimento (CHRISTOPHER, 2016). A cadeia de suprimentos é entendida como uma rede de relações comerciais e trocas de mercadoria entre fornecedores e clientes, que pode envolver duas ou diversas empresas, com o objetivo de

fabricar um produto ou fornecer um serviço desde a matéria prima até o produto acabado no cliente final (CHRISTOPHER, 2016).

A logística divide-se em 3 subsistemas de atuação tradicionais: a Logística *Inbound*, a Logística *Outbound* e a Logística Interna (DROSTE; DEUSE, 2011; BAUDIN, 2004), além do retorno de produtos por meio da logística reversa (BOUZON et al., 2016). Tomando uma empresa no meio da cadeia de suprimentos como referência, a logística *Inbound* abrange todas as atividades logísticas de entrada de suprimentos na empresa. Já a logística *Outbound* as atividades que dão vazão aos produtos acabados. Por fim, a Logística Interna são todas as atividades dentro da empresa, desde o recebimento da matéria prima dos fornecedores até a distribuição de produtos acabados, mas em menores quantidades, distância e modo de transporte. Além da dimensão, a principal diferença para a logística interna é a forma como esses fluxos são gerenciados. A logísticas *Inbound* e *Outbound* são uma rede de diversos fornecedores e clientes interconectados por relações comerciais (BAUDIN, 2004). Para esse trabalho são consideradas principalmente as atividades de logística interna, ou seja, de porta a porta.

Figura 1 – Principais fluxos logísticos.



Fonte: Baudin, 2004

As práticas do lean mostraram-se compatíveis com outros processos no negócio, como a logística e cadeia de suprimentos. (TORTORELLA et al., 2021; KUMAR SINGH; MODGIL, 2020). Para gerenciar o abastecimento da linha de produção de maneira enxuta, com o objetivo

de eliminar os desperdícios citados, é necessário ter uma logística enxuta, alicerçada fundamentalmente na meta de reduzir o tamanho do lote; aumentar a frequência e nivelar o fluxo de entrega (SANTOS; ARAUJO, 2018; ALVES; DOS SANTOS, 2013).

### **2.2.2 Logística Lean**

Segundo Karlin (2004) a Logística *Lean* é o sistema logístico que tem por objetivo reduzir o *lead time* (ou tempo de atravessamento) total e aumentar a qualidade, eliminando os desperdícios nas suas operações. A redução do *lead time* é um problema encontrado tanto na prática quanto na literatura e é recorrente quando o assunto é ser *lean*. Ele é considerado o ponto chave para desenhar uma cadeia de suprimentos mais otimizada (KARLIN, 2004; FISHER et al., 1997).

Baudin (2004) acrescenta a entrega de materiais necessários, quando necessitados, na quantidade exata e em condições favoráveis para a produção e para os clientes como objetivos da logística *Lean*. Busca-se eliminar os desperdícios nos processos logísticos e ter uma gestão mais eficiente, sem comprometer o serviço.

Na prática, a logística passa a ser enxuta quando a teoria do pensamento enxuto é utilizada para alcançar uma maior racionalização dos recursos utilizados na movimentação, seja de pessoas, empilhadeiras, maior giro de estoques e redução do espaço físico necessário para armazenar partes, simplificar o fluxo de informações e ter maior estabilidade de informações (SANTOS; ARAUJO, 2018; ALVES; DOS SANTOS, 2013).

Dentre todas as áreas da logística, o *lean* pode contribuir de forma significativa na grande maioria, como suporte ao cliente, previsão de demanda e planejamento, compras, gestão de estoque, entregas e comunicação, embalagem, transporte, armazenamento e logística reversa (SOPADANG et al., 2014).

Nishida (2009) propõe três conceitos fundamentais para gerenciar uma cadeia de suprimentos de maneira *Lean*: Reduzir o trabalho do lote, aumentar a frequência e nivelar o fluxo de entrega. Para tanto, o autor citado sugere três ferramentas do *Lean* aplicadas na logística interna.

#### *Kanban – Puxada*

O *kanban* é um sistema que sinaliza e envia ordens de produção e de retirada de itens, apenas quando há uma demanda do cliente. Ele é considerado, portanto, como um mecanismo de sinal de puxada (RAHMAN et al., 2013). Ainda, segundo Nishida (2009) a palavra *Kanban* significa etiqueta ou cartão e é o dispositivo sinalizador que fornece instruções para a

programação da produção, normalmente com cores que indicam a urgência de reposição de itens.

#### Heijunka – Nivelamento

Segundo Rother e Harris (2002), o *Heijunka* é uma técnica que permite uma distribuição igualada do volume e *mix* de produção ao longo do tempo. O *Heijunka* converte a demanda puxada do consumidor em um plano de produção, que usado em conjunto com outras ferramentas enxutas, ajuda a estabilizar o fluxo de valor. Nishida (2009) diz que se trata de um dispositivo de nivelamento, que em cada etapa do fluxo nivela a demanda em incrementos pequenos de intervalo de tempo, fazendo com que todos os produtos sejam produzidos e reabastecidos em ritmo constante, em pequenos lotes.

#### Milk Run – Abastecimento de linha

O *Milk Run* na planta é a ferramenta que planeja rotas e entregas frequentes em pequenos lotes, com o objetivo de acelerar o fluxo de materiais entre linhas (NISHIDA, 2009). O potencial desse sistema, comparado ao sistema de abastecimento em grandes lotes e diversas viagens dedicadas por linha, feito por empilhadeiras, é enorme. O *Milk Run* possui rotas fixas, com quantidades de material transportado pré-definidas, visando o uso da capacidade de forma eficiente. Com a frequência de entrega correta, o provisionamento de material é nivelado e mais estável. Os principais elementos do sistema *milk run* na logística interna são o design do *picking*, o modo de transporte, o ponto de uso e controle de materiais e como o fluxo de informação é gerenciado (DROSTE; DEUSE, 2011). Outro termo bastante comum na literatura que fala sobre esse sistema ágil e otimizado de entrega é o *Mizusumashi*. Este termo surgiu na Toyota e foi criado baseado em princípios do *lean* (OHNO, 1997). A literatura hoje utiliza esses dois termos, *milk run* e *mizusumashi*, para fazer referência a esse sistema, com a diferença de que o *milk run* na planta é o design do sistema em si enquanto o *mizusumashi* é o operador responsável pela entrega (VILDA et al., 2020; ISHIKAWA, 2009).

### **2.2.3 Desperdícios da logística *lean***

Os desperdícios de Ohno podem ser adaptados para as atividades da logística, classificados em sete grupos distintos (TORTORELLA et al., 2021; GULTOM; WIBISONO, 2019; GOLDSBY; MARTICHENKO, 2005).

Estoque: Assim como na produção, o estoque é um desperdício para a logística. Ele é necessário devido a ausência ou dificuldade de produzir e entregar instantaneamente. Qualquer atividade logística que resulta em estoque além da quantidade necessária ou em um local além

daquele que é demandado é desperdício. Exemplo: Entregas antecipadas e estoque no centro de distribuição errado.

**Transporte:** O transporte que não é necessário resulta em custos adicionais. Exemplos são paradas fora da rota e estoque de produtos de alto giro no fundo do armazém, aumentando a movimentação de materiais necessária e distancias percorridas (BENNET; SUTHERLAND, 2007).

**Espaço:** Esse desperdício é o uso do espaço de maneira não otimizada. Containers subdimensionados, armazéns organizados de maneira não eficiente com sobra de espaço e cargas sobrepeso são exemplos (BENNET; SUTHERLAND, 2007).

**Tempo:** Goldsby et Martichenko (2005) dividem a demanda em cinco etapas: Transmissão, Processamento, Tratamento, Verificação e Entrega. O desperdício do tempo é a variação negativa, ou atraso, entre o início de uma atividade e a próxima. Por exemplo, o tempo entre a chegada de um caminhão na expedição e o carregamento desse caminhão e o atraso entre receber a ordem de pedido do cliente e o início do tratamento dessa ordem.

**Embalagem:** A embalagem muitas vezes é associada ao design, mas sua importância vai além disso. Ela serve para proteger o produto, tornar mais eficiente os movimentos de transporte e estocagem, segurança e ergonomia do manipulador, descarte pós-uso e comunicação das informações de manuseio necessárias. O desperdício é associado ao paradoxo de ter uma embalagem que proteja e evite danos aos produtos em transporte e que tenha um custo atrativo, evitando gastos excessivos. Além disso, se a embalagem não for bem dimensionada, este pode gerar um desperdício de espaço.

**Administrativo:** As atividades administrativas são vistas frequentemente como atividades que não agregam valor. Mas, geralmente, elas são necessárias para operações da logística, como a documentação de alfândega para importação e exportação, autorização de transporte para recebimento e expedição de mercadorias. A questão é quanto delas realmente precisam ser realizadas, a fim de evitar o desperdício de tempo associado.

**Conhecimento:** Como no desperdício da produção Lean, as empresas que não promovem uma cultura de desenvolvimento de conhecimento e compartilhamento de aprendizados estão desperdiçando o potencial de seus operários e perdem a oportunidade de aprender com experiências passadas.

O lean aplicado a logística tem apresentados resultados significativos. (DE CARVALHO et al., 2017; NOGUEIRA; NETO, 2016). Entretanto, hoje em dia muitas empresas buscam aplicar o Lean junto da metodologia Seis Sigma para obterem melhores

resultados. As metodologias Lean e Six Sigma foram integradas resultando neste híbrido, mais poderoso e eficaz sistema abordando muitos dos pontos fracos e retendo a maioria dos pontos fortes de cada estratégia (WANG; CHEN, 2012; GOLDSBY; MARTICHENKO, 2005).

## 2.3 LEAN SEIS SIGMA

### 2.3.1 Seis Sigma

O Seis Sigma pode ser definido como uma estratégia gerencial disciplinada e quantitativa que visa o aumento significativo da lucratividade de uma organização, alcançado através da redução das variabilidades dos processos produtivos, melhoria da qualidade e uso de ferramentas estatísticas (DE CARVALHO et al., 2017; DE SOUSA, 2012; PALADINI et al., 2005).

Essa metodologia tornou-se bastante popular depois que a Motorola lançou o programa de melhoria de qualidade denominado “Six Sigma Quality Program”, em 1987 (GULTOM; WIBISONO, 2019). Um ano depois, a empresa a foi premiada com o “Malcolm Baldrige National Quality Award” um fato que gerou publicidade para a ferramenta, sua replicação e adoção por outras organizações (DE SOUSA, 2012).

O Sigma ( $\sigma$ ) é uma letra do alfabeto grego utilizada pelos estatísticos para mensurar a variância em qualquer processo, ou seja, é utilizada para expressar a capacidade de um processo, isto é, a habilidade deste de produzir produtos não-defeituosos. O desempenho de uma empresa é medido pelo nível sigma de seus processos empresariais (RAMOS et al., 2017)

Um nível de qualidade 3 sigma significa possuir 67000 defeitos por milhão de partes enquanto que o nível 6 sigma propõe um padrão 3,4 defeitos por milhão (PILLET, 2004). Esse padrão corresponde ao aumento do nível de expectativa dos clientes e à crescente complexidade dos produtos e processos modernos (RAMOS et al., 2017).

Por conta da sua fama inicial, muitos executivos associam o seis sigma diretamente à qualidade. De fato, a origem de muitos dos princípios do Seis Sigma vieram de ideais de pensadores como W. Edward Demmings e Joseph Juran (PANDE, 2004). Um dos seus objetivos principais é entender e eliminar os efeitos negativos da variação de processos para eliminar os defeitos de produção (GOLDSBY; MARTICHENKO, 2005).

Entretanto, essa metodologia vai muito além da gestão da qualidade (PANDE, 2004). O seis sigma reúne diversas práticas de negócios que afetam no desempenho e na gestão das empresas, seja para resolver problemas pontuais ou reestruturar uma organização. Essas práticas podem ser aplicadas nos processos de forma global, desde o chão de fábrica até as áreas

de TI, marketing ou logística, por exemplo. Além disso, o autor citado adiciona que o desenvolvimento dos trabalhadores é tão importante quanto obter resultados técnicos e estatísticos na melhoria desses processos.

Os princípios da metodologia do Seis Sigma podem ser resumidos em seis tópicos (PANDE, 2004).

- Foco no cliente como prioridade número um. Os indicadores que guiam a performance dos projetos são definidos a partir das exigências estabelecidas pelo cliente.

- Gestão baseada em fatos e dados. A disciplina dessa metodologia começa a partir de medidas chaves que direcionam as análises estatísticas durante o projeto.

- Foco nos processos. Qualquer que seja a área de atuação, os processos são a essência do negócio e quando executados de maneira eficiente trazem grandes resultados.

- Gestão proativa. O Seis Sigma preza pelo uso da criatividade para iniciar e incentivar a melhoria em todas as atividades.

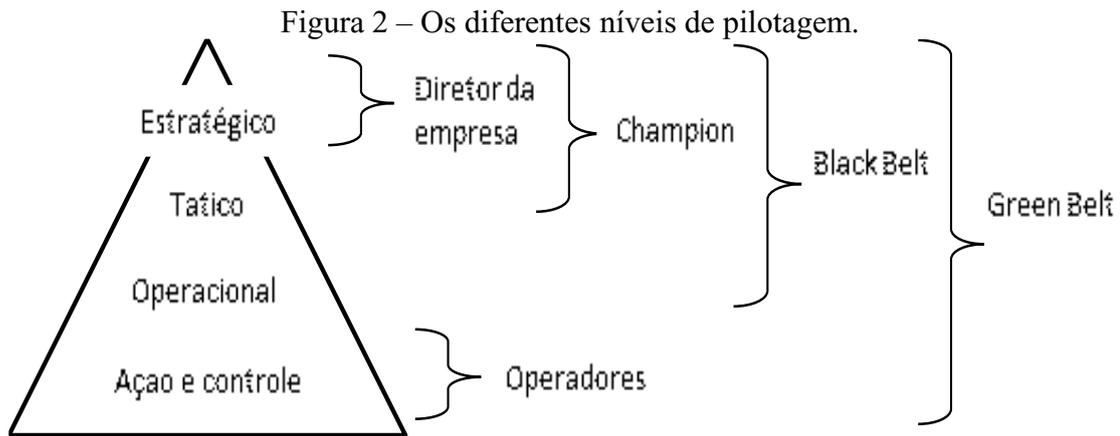
- Colaboração sem fronteiras. Trabalhar junto de clientes e fornecedores, para desenvolver melhores práticas na cadeia de suprimentos como um todo.

- Perfeição como objetivo e tolerância para erros. Para buscar um estado perfeito, riscos são necessários e devem ser tomados, mas deve-se tentar minimizar ao máximo seu impacto.

### **2.3.2 Implementação**

Para colocar em prática essa filosofia, faz-se necessário desenvolver líderes competentes, com responsabilidades bem definidas. A empresa General Electrics denominou diferentes níveis de liderança, de *White Belt*, *Green Belt*, *Black Belt* à *Master Black Belt* e Campeão. Cada nível tem uma implicação direta em cada uma das quatro camadas do negócio: Estratégica, Tática, Operacional e a camada de Ação e Controle (PILLET, 2004).

Os campeões são os responsáveis por difundir a cultura do Seis Sigma e garantir o comprometimento do pessoal no andamento dos projetos. Já os *Master Black Belts* são especialistas em estatística, referentes em conhecimento técnico e fornecem suporte aos *Black Belts*. Esse por sua vez são funcionários altamente treinados e dedicados integralmente aos projetos de Seis Sigma, participando das atividades no dia a dia, enquanto os *green belts* são funcionários de apoio, que dão suporte à análise gráfica (RECHULSKI; DE CARVALHO, 2004).



Adaptado de Pillet (2004).

Muitos gerentes enfrentam barreiras na implementação da metodologia na empresa, seja ela de manufatura ou serviços (ALI et al., 2020). Para implementar o Six Sigma em uma empresa, é preciso desenvolver a capacidade de gerenciar vários projetos em paralelo. A empresa deve se adaptar a uma estrutura de funcionamento matricial, com equipes multifuncionais que tenha a dinamicidade necessária para avançar em todas as frentes. Ainda, os projetos devem ser apoiados pelo nível hierárquico mais alto da empresa, a fim de alocar os recursos necessários e ajudar a avançar caso o projeto fique estagnado (PILLET, 2004).

Pillet (2004) cita os oito fatores essenciais para a boa gestão de um projeto Seis Sigma:

- Criação do projeto junto ao chefe da empresa ou algum gerente que garanta o alinhamento com a estratégia da empresa; (ALI et al., 2020).
- Escolha de um líder, levando em conta a relação de suas capacidades com o tema;
- Definição dos recursos e competências necessárias, internas ou externas à empresa, que serão necessárias para a sua realização;
- Escolha do referente do projeto, o campeão, que vai acompanhar o desenvolvimento, auxiliar a superar as dificuldades e alocar os recursos necessários;
- Definição dos objetivos e limitações do projeto;
- Determinação do orçamento e acompanhamento financeiro;
- Definição dos modos de validação de etapas e avanço do projeto;
- Definição dos métodos e meios de comunicação com a equipe, como relatório, reuniões periódicas entre outros.

Esses projetos são essencialmente gerenciados por uma metodologia padronizada e disciplinada. Existem duas metodologias no programa Seis Sigma: o DMAIC, utilizado para resolução de problemas em processos de produtos e serviços já existentes; e o DFSS (*Design*

*for Six Sigma*), empregado no desenvolvimento de novos produtos e projetos (bens ou serviços) (RECHULSKI; DE CARVALHO, 2004).

### 2.3.3 DMAIC

O DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*) é um método de resolução de problemas e melhorias de processos que consiste em cinco etapas bem definidas (GULTOM; WIBISONO, 2019). É um dos principais pilares para alcançar o Seis Sigma. A partir das ferramentas voz do cliente, também conhecida como a VOC, que representa os requisitos de projeto segundo o cliente, e voz do negócio, que são formas de traduzir a percepção de valor para o cliente concretizá-la em objetivos, o DMAIC busca oportunidades de melhoria, reconhecidas em análises estratégicas (GUTIERREZ et al., 2016; MIJAJLEVSKI, 2013). A aplicação do método é sustentada por ferramentas estatísticas, sendo que cada uma possui potencial para solucionar problemas específicos (RAMOS et al, 2017). Ramos et al adicionam que o ciclo DMAIC é uma ferramenta de controle e monitoramento eficiente na solução de problemas, auxiliando no alcance das metas estabelecidas no projeto. As etapas estão explicadas uma a uma abaixo:

#### 1. *Define*

A primeira etapa do método DMAIC consiste em definir o escopo do projeto e os ganhos esperados. Para isso, deve-se redigir o termo de abertura do projeto, que define claramente as partes interessadas, a estrutura do projeto e os objetivos a serem alcançados (GUTIERREZ et al., 2016; PILLET, 2003).

#### 2. *Measure*

Essa etapa tem por objetivo avaliar corretamente a situação atual e o desempenho dos processos envolvidos, em comparação com os diversos requisitos do cliente (VOC) (PILLET, 2003). É importante nesta etapa quantificar tudo o que é possível e torná-lo de uma forma visual e fácil de interpretar. Para isso, deve-se certificar que o sistema utilizado para a coleta desses dados e informações é confiável. Uma vez validado, deve-se partir para a coleta dos dados.

#### 3. *Analyse*

A fase de análise visa interpretar as informações da fase anterior e identificar qualquer anomalia e perturbações que geram desperdícios ou que não criam valor e encontrar as causas raízes do problema. A excelência operacional normalmente se concentra na resolução de um número limitado de problemas em profundidade (MIJAJLEVSKI, 2013).

#### 4. *Improve*

Esta fase tem como objetivo encontrar e implementar soluções que eliminem as causas dos problemas identificados na fase de Análise, evitando uma reincidência ou reduzindo a variabilidade do processo (GULTOM; WIBISONO, 2019). Em um cenário ideal, essas soluções não devem implicar em custos de investimento grandes e devem ser testadas antes de serem implementadas, para que sua eficácia possa ser verificada.

### 5. Control

Por fim, a fase de “Controle” é utilizada para garantir a sustentabilidade das melhorias de processo, para avaliar os resultados obtidos e por último para encerrar o projeto.

O quadro 1 abaixo resume as etapas do DMAIC e acrescenta as ferramentas geralmente utilizadas.

Quadro 1– Etapas do DMAIC.

Etapas	Objetivo/Tarefas	Resultados	Principais Ferramentas
Definir	Definir o projeto: Os ganhos esperados pelo cliente, pela empresa, o perímetro do projeto e as responsabilidades	Project Charter, Cartografia geral dos processos, planejamento e alocação de recursos	CTQ, 5W2H, QFD, Diagrama de Kano, Benchmarking, MFV, SIPOC
Medir	Definir e validar os meios de medida. Medir as variáveis de saída, as variáveis de estado e as variáveis de entrada do processo. Coletar dados.	Cartografia detalhada dos processos, capacidade dos meios e capacidade dos processos	Análise de processos, Repetibilidade e Reprodutividade Ishikawa, SPC
Analisar	Análise de dados. Estabelecer relações entre as variáveis de entrada e de saída dos processos. Identificar	Prova estatística, Compreensão dos processos	Estatística descritiva, estatística inferencial e plano de experiências
Inovar	Imaginar as soluções, selecionar as dicas de progressos os mais promissores. Testar as melhorias.	Processos piloto, Melhoria do z, Determinação de características a controlar	FMECA, Plano de experiências, Brainstorming
Controlar	Colocar sob controle e supervisão a solução escolhida, formalizar o processo	Redação dos modos de operação e trabalho padrão. Cartas de controle.	SPC

Fonte: Quadro adaptado de Pillet (2003).

A metodologia DMAIC é linear, ou seja, um projeto bem aplicado não deve retornar às fases anteriores. Se os resultados financeiros ou os indicadores do projeto não forem positivos, é porque não houve uma correta priorização das variáveis de entrada. A melhoria contínua não é feita revisando projetos já concluídos, mas aplicando a metodologia DMAIC em outros projetos ligados ao mesmo processo, ou seja, eventualmente são demandando sucessivos projetos até que todas as variáveis de impacto sejam contempladas (RECHULSKI; DE CARVALHO, 2004).

#### **2.3.4 Lean Seis Sigma**

As duas metodologias têm objetivos em comum, tanto o Seis Sigma quanto o Lean visam melhorar resultados operacionais e financeiros e alcançar uma lucratividade a longo prazo para a empresa. Algumas de suas semelhanças na prática são a busca por soluções simples, tomar decisões com visão a longo prazo e implementá-las rapidamente e o uso de tecnologias para ajudar as pessoas a fazerem seu trabalho (ARTHUR, 2007).

Entretanto, elas têm diferenças claras e que são complementares. O Seis Sigma foca em reduzir a variação e melhorar o controle dos processos, enquanto o Lean propõe uma produção livre de desperdícios, baseada no trabalho padronizado e no fluxo para responder rapidamente a demanda do cliente (SU et al., 2006). Enquanto uma trata de corrigir os processos em si e melhorá-los, a outra busca melhorar a conexão entre processos idealizando o fluxo contínuo (ARTHUR, 2007).

As empresas que começaram a integrar Lean e Six Sigma passaram por três estágios: a definição das metas, a seleção de pessoas e projetos e a fase de implementação (que inclui treinamentos e construção da cultura de melhoria contínua) (PANDE, 2004). As duas metodologias não devem ser usadas em paralelo, mas simultaneamente para obter um resultado melhor e mais adaptado as necessidades do negócio, evitando assim dificuldades como priorizar iniciativas e alocar de recursos (SALAH et al., 2010).

#### **2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS DA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.**

O Lean mostra-se uma metodologia e forma de pensar eficiente para a melhoria dos resultados operacionais de empresas. O Seis Sigma também apresentou resultados positivos em todos os estudos. Vários são os casos de sucesso da implementação (DE CARVALHO et al., 2017).

O Lean e o Seis Sigma mostraram-se mais efetivos quando usados juntos. Os esforços despendidos para o aumento da produtividade (Lean) e o aumento da qualidade (Seis Sigma) normalmente são antagônicos. Isso acontece porque os esforços para reduzir os desperdícios na produção e aumentar a taxa de peças produzidas normalmente fazem com que a qualidade fique em um segundo plano, resultando em defeitos de produção. Entretanto, segundo os estudos a empresa que incorporar as duas metodologias tem maior probabilidade de levar esses dois objetivos em paralelo (DE CARVALHO et al., 2017, SOUSA; ANTUNES, 2014).

A maioria dos estudos encontrados na literatura sobre Lean e Seis Sigma aborda um ou outro tema e percebe-se que eles vêm há anos sendo explorados pelos pesquisadores no mundo todo. A união do Lean com Seis Sigma também não é recente, porém, a quantidade de trabalhos sobre o assunto é reduzida em comparação ao que se encontra de cada um deles separadamente. Grande parte apresenta modelos desenvolvidos e estudos de casos em empresas de manufatura, no setor da produção. Quando se trata da logística, esse número é menor (GUTIERREZ et al., 2016; SOUSA; ANTUNES, 2014).

O Lean Seis Sigma possui duas principais metodologias que servem de guia para melhorar os resultados. O DMAIC, explicado em tópicos anteriores, é a metodologia utilizada para processos já existentes. O DFSS normalmente é usado para desenvolvimento de novos processos. Neste trabalho é abordado apenas o DMAIC, pois ele tem por objetivo contribuir ao tema a partir de uma análise do impacto e potencial do Lean Seis Sigma para identificar e reduzir os desperdícios da logística em processos já existentes.

### 3 MÉTODO

Esse capítulo apresenta a caracterização dessa pesquisa, quanto à natureza, abordagem objetivos e procedimento técnico, além de apresentar o procedimento metodológico e suas etapas.

#### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Essa pesquisa é de natureza aplicada, visto que visa gerar conhecimentos relacionados à solução de problemas específicos (SILVA, 2005). A partir da aplicação dos conceitos abordados no capítulo anterior e das descobertas da pesquisa, pretende-se contribuir com a literatura acadêmica. Quanto à abordagem, esse trabalho empregou a abordagem quali-quantitativa. A maior parte do estudo partiu de dados qualitativos, sendo muitas vezes a opinião e experiência dos envolvidos, porém cálculos estatísticos foram realizados para fundamentar as análises.

Com relação aos objetivos, a pesquisa pode ser classificada como exploratória, pois ela tem a finalidade de proporcionar uma visão geral acerca de um determinado fato. Essa visão é desenvolvida a partir do conhecimento profundo da realidade da empresa e identificação dos métodos mais adequados (GIL, 2008).

Já a escolha do procedimento técnico, optou-se pela pesquisa-ação, pois esse procedimento une a teoria com a prática. Para Cauchick Miguel (2011), pesquisa-ação pode ser definida como um trabalho de pesquisa realizado em cooperação com a empresa e intervenção do pesquisador. O papel do pesquisador, nesse trabalho, foi de trazer o método de melhoria contínua e os diferentes conceitos para a empresa e aplicá-los, sendo responsável por conduzir e desenvolver cada etapa do DMAIC. O trabalho durou cinco meses e foi realizado principalmente em campo, através de uma convivência diária. Ao todo foram realizadas duas semanas de observação na logística, com uma equipe de 17 operadores, duas semanas para a coleta de dados e resto para o tratamento e análise das informações e a proposição e implementação das soluções. Foram realizadas também cinco reuniões com a equipe estratégica, composta por cinco membros e outras quatro reuniões com a equipe tática, composta por quatro membros. A figura 3 apresenta a caracterização da pesquisa.

Figura 3 – Caracterização da pesquisa.



Fonte: Elaborado pela autora.

### 3.2 ETAPAS DA PESQUISA

O procedimento metodológico está ilustrado na figura 4. Ele é dividido em três grupos: Literatura, Desenvolvimento Conceitual e Pesquisa de Campo. O primeiro trata das pesquisas realizadas e das contribuições feitas na literatura. No segundo grupo, estão as etapas relacionadas ao desenvolvimento de ideias e à concepção do projeto. Por fim, em pesquisa de campo, estão aquelas realizadas junto a empresa estudada. As etapas são explicadas uma a uma a seguir.

As duas primeiras etapas (1; 2) consistiram no levantamento da literatura específica nos temas de Lean e Seis Sigma aplicados à logística. Para encontrar livros e artigos, foram usadas as bibliotecas eletrônicas Scopus e Google Scholar, a biblioteca virtual de livros do GLean, Grupo de estudos em Lean da Universidade Federal de Santa Catarina, o Banco de teses e dissertações da universidade e periódicos internacionais.

As etapas seguintes estão relacionadas à metodologia DMAIC. A etapa 3, é a primeira da fase “Definir”. Ela teve por objetivo definir o escopo do trabalho, tanto para a contribuição acadêmica, quanto para estabelecer os objetivos práticos junto a empresa. Dessa maneira foi possível garantir a relevância do estudo para esses dois *Stakeholders*. Feito isso, partiu-se para observação e coleta de dados na empresa. O próximo passo (4) foi a aplicação prática de

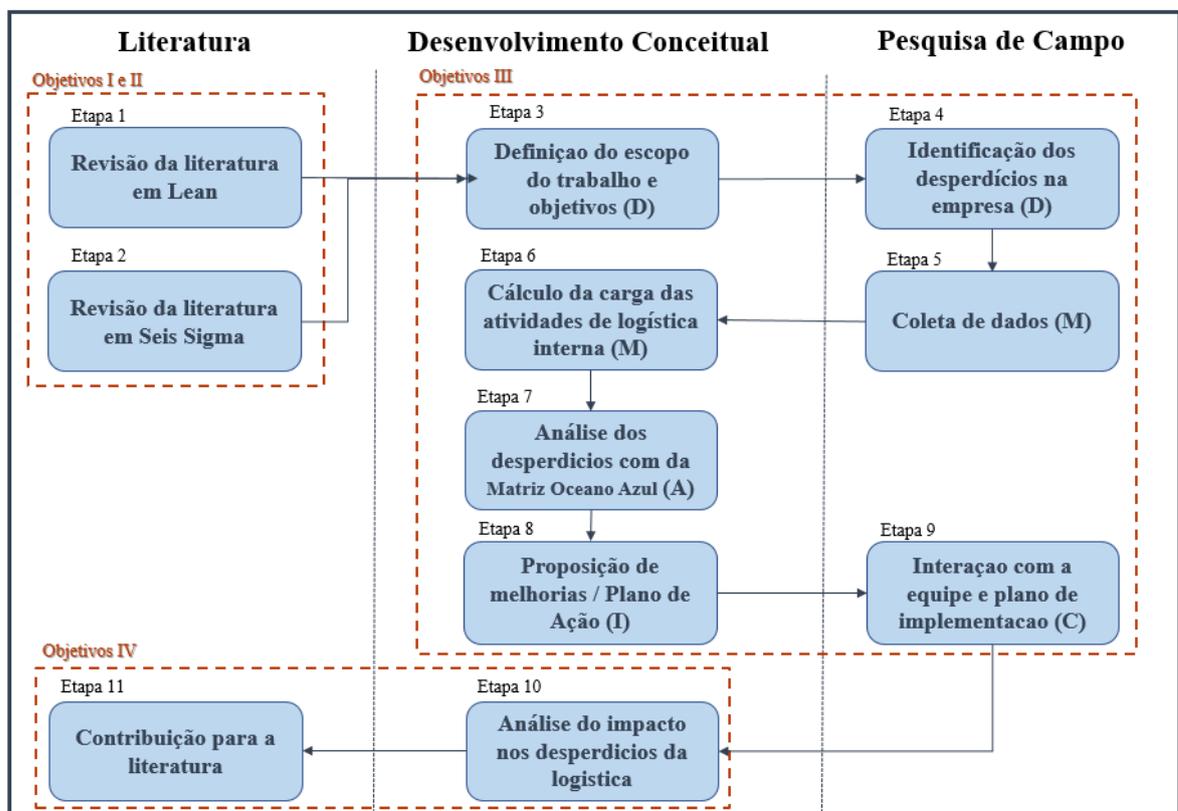
“Definir”, quando a realidade da empresa foi mapeada onde os desperdícios foram identificados.

Com a clara visão da problemática da empresa, a próxima etapa (5) foi a coleta de dados, já na fase “Medir”. Essa coleta foi realizada de duas formas, uso da base de dados de um sistema ERP e observação direta no chão de fábrica. Em seguida, foi realizado o cálculo da carga de trabalho que exigem as atividades logísticas (6).

A partir dos cálculos, pôde-se realizar a análise dos desperdícios (7), na fase “Analisar”. Para isso, foi utilizada a Matriz Oceano Azul, que orientou a proposição de melhorias e criação do plano de ação (9), fase “Inovar”. As ideias foram discutidas com a equipe de projeto na fase 10, “Controlar”.

Por fim, fez-se uma análise do potencial dessa metodologia, baseado nos resultados do projeto, na redução dos desperdícios da logística. Nesse momento, partiu-se de uma perspectiva abrangente, que compreendesse a realidade da logística interna de empresas de diversos setores, para aumentar a contribuição para a literatura.

Figura 4– Procedimento metodológico



Fonte: Esquema adaptado de Follman (2012).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Este capítulo objetiva apresentar a empresa, a sistemática do trabalho e os resultados esperados a partir da implantação dos planos de ação. Além disso, também é apresentada a análise do impacto aplicação da metodologia para a redução dos desperdícios da logística.

### **4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA**

A fim de proteger os dados e prezar pelo sigilo das informações, os nomes serão fictícios. A empresa estudada XYZ fabrica bombas mecânicas e hidráulicas para os principais players do setor automotivo e é um dos principais líderes no mercado europeu. Ela foi criada em 1979 na França e em 2016 integrou o grande grupo alemão ABC, fato que internacionalizou suas atividades.

A empresa tem uma área de aproximadamente 28.000 m<sup>2</sup> e conta com quase 400 funcionários. Seus produtos são divididos em três famílias: as bombas à vácuo, bombas à água e bombas à óleo. Esses são enviados para clientes em toda Europa e também para os Estados Unidos, Brasil e China. Por conta da sua grande diversidade de clientes, produtos e consequente movimentação de materiais, a empresa divide a logística em quatro setores: Recepção, Embalagem, Produção e Expedição (ver figura 5).

Figura 5 - Planta da fábrica XYZ.



Fonte: XYZ.

Todas as atividades de logística, dessas quatro áreas, são realizadas por uma empresa terceirizada DEF, que presta serviço à empresa XYZ. Para operar esses diferentes fluxos, a empresa DEF aloca seus operadores de acordo com a taxa de produção da empresa XYZ. Quanto maior o número de peças, mais operadores logísticos serão alocados, segundo um cálculo estabelecido em contrato.

Para manter a sua forte presença no mercado, em 2017 a empresa criou a área de Excelência Empresarial (E.E), que visa implementar a cultura de melhoria contínua a partir de projetos conduzidos pela metodologia DMAIC do Lean Seis Sigma. Todo ano são desenvolvidos cerca de trinta projetos em diferentes áreas para reduzir desperdícios, resolver problemas de qualidade e aumentar a produtividade. A escolha desses projetos é realizada durante a revisão estratégica da área, que acontece todo início do ano.

Entretanto, ao passo que a empresa se desenvolve e atinge cada vez mais resultados satisfatórios e aumenta sua produtividade, a sua prestadora de serviços DEF não acompanha esse desenvolvimento. Alguns desperdícios e problemas na produção estavam emergentes: Os operadores de empilhadeiras não eram reativos às demandas da produção, no entanto, muitas vezes realizavam atividades sem valor agregado, como se locomover de um lugar até o outro sem carregar nenhum palete. Por conta disso, a empresa XYZ optou por analisar as atividades realizadas por DEF e identificar a fonte dos desperdícios.

## 4.2 DMAIC E RESULTADOS

Este subcapítulo apresenta como a metodologia DMAIC foi adaptada à realidade da logística nesse projeto. O objetivo de cada uma das cinco etapas é apresentado junto das atividades e ações realizadas e seus resultados.

### 4.2.1 Definir

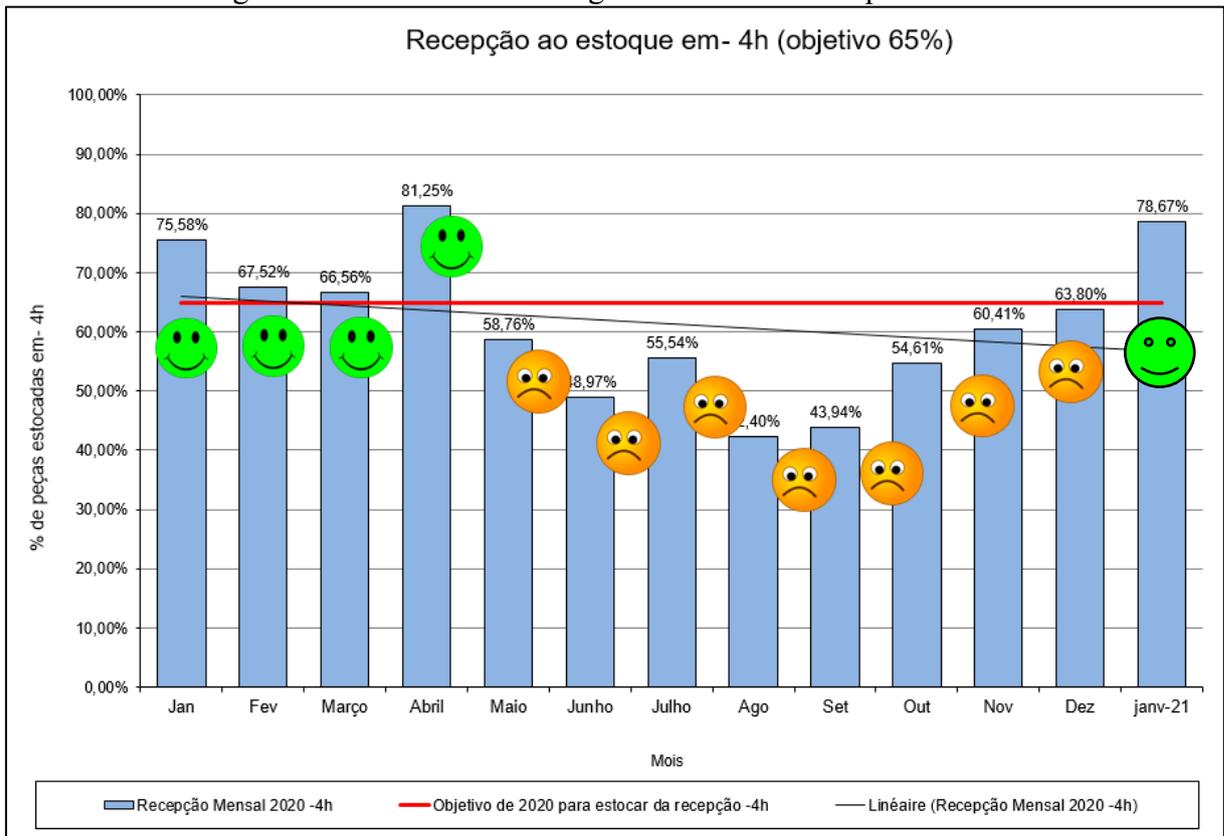
A etapa definir concentra-se sobretudo na descoberta do projeto e da realidade da empresa. Portanto, ela pode ser dividida em duas partes. Primeiro, foi definido o escopo do trabalho junto à equipe do projeto, a partir da compreensão da realidade da empresa. Em seguida, o trabalho consistiu em compreender os diferentes fluxos logísticos, as atividades, como são geridas, quais são os indicadores monitorizados, as anomalias e origens dos desperdícios.

#### 4.2.1.1 Escopo do projeto

Num primeiro momento, foram feitas reuniões breves com cada membro da equipe e *stakeholders* do projeto para compreender os diferentes pontos de vista sobre a situação a fim de identificar a *VOC*. A equipe foi montada por cinco integrantes, sendo o coordenador da área de Excelência Empresarial o supervisor Black Belt do projeto e a responsável da logística operacional como “campeã” desse projeto.

Em seguida, os indicadores foram analisados. É sempre importante nessa etapa buscar os indicadores já existentes (ALI et al., 2020). As empresas acompanham principalmente três indicadores, todos relacionados a uma medida de tempo. O primeiro indica o tempo para armazenar um produto recebido na área de recepção no rack (Ver figura 6). O segundo mede o tempo entre retirar um palete do estoque a partir do pedido de uma linha de produção e trazê-lo até essa linha. A terceira e última mostra o tempo desde que um palete de produto acabado está pronto na linha até ser colocado no estoque de produto acabado.

Figura 6 – Indicadores estratégico em deriva da empresa XYZ.



Fonte: Elaborado pela autora.

O indicador da recepção em 2020 apresentou resultados abaixo do esperado. Além disso, os problemas foram percebidos pelos trabalhadores desse setor. A zona estava frequentemente com estoque em excesso e carecia de espaço para descarregar os caminhões de mercadoria, gerando desperdícios de movimentação. Já os indicadores relacionados à produção apresentaram bons resultados, no entanto a opinião da equipe do projeto é contrária: as linhas de produção são abastecidas de maneira incorreta, com quantidades acima do padrão, às vezes a matéria prima trocada. Outro fator que foi muito comentado com a equipe foi a passagem frequente das empilhadeiras vazias. Com isso, os objetivos do projeto definidos foram:

- Otimização das atividades logísticas: Redução de atividades realizadas sem valor agregado e aumento da produtividade (A);
- Flexibilidade dos operadores de empilhadeira, para ajudar em diferentes áreas quando houver tempo livre (B);
- Aumento da eficiência e autonomia da gestão da área de preparação de embalagens (C).

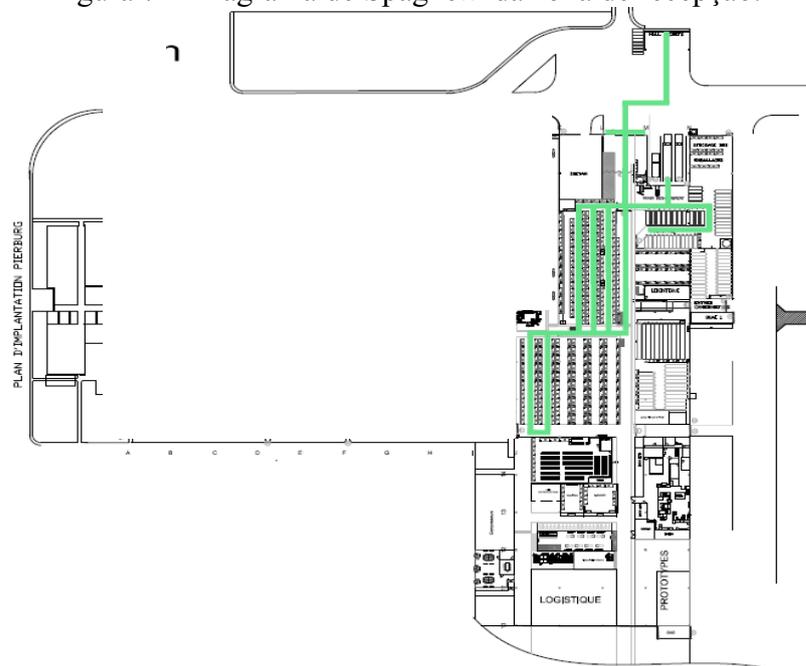
À medida que o escopo do projeto foi definido, ocorreu um trabalho em paralelo de compreender a situação da empresa no chão de fábrica e identificar os desperdícios, que é explicado a seguir.

#### 4.2.1.2 Identificação dos desperdícios:

Para identificar os desperdícios nesta fase “definir” utilizou-se uma prática sugerida no DMAIC, chamada *Walk of Process*, que consiste em passar um bom tempo, de uma a três semanas, no chão de fábrica para observar a realidade de perto. Neste trabalho o tempo despendido foi de duas semanas. Logo no início o objetivo foi compreender a atividade dos colaboradores da DEF, como era o trabalho em cada setor logística e quais eram os diferentes fluxos físicos. A fim de facilitar a explicação adiante, os operadores de empilhadeiras são chamados de motoristas e um código de cores foi atribuído às zonas: verde para a recepção, vermelho para a zona de embalagens, azul para a produção e roxo para a expedição.

O setor de recepção é responsável pelo recebimento de matéria-prima, sendo elas componentes, peças usinadas, material para preparar a embalagem e embalagens prontas. Neste setor também são enviadas as embalagens reutilizáveis ao fornecedor. Atualmente três motoristas são alocados neste setor, somado a um responsável administrativo que recebe os caminhões e registra toda a mercadoria no sistema SAP. Os motoristas dividem suas funções em duas: enquanto um descarrega os caminhões de mercadoria o outro estoca os paletes que já foram registrados no SAP no porta-paletes (Figura 7).

Figura 7 – Diagrama de Spaghetti da zona de recepção.

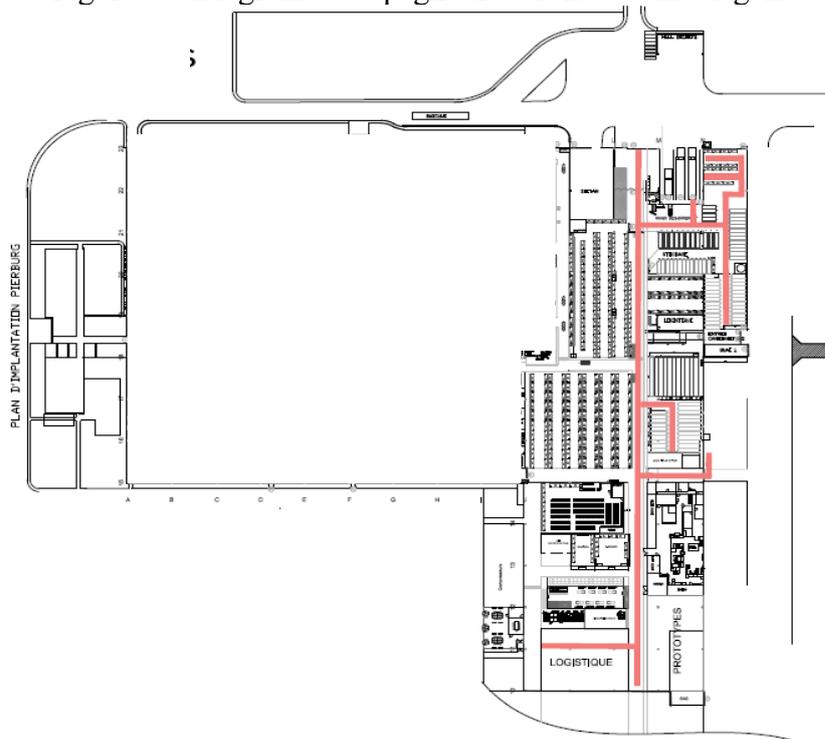


Fonte: Elaborado pela autora.

O próximo setor, de preparação de embalagens, é recente nas empresas e carece de uma gestão mais eficiente. Nele, três funcionários são alocados para fazer a montagem das embalagens que serão usadas no produto acabado. A zona ainda conta com um motorista

responsável por trazer a matéria prima, que fica estocada na zona de recepção, até a zona de preparação. Ele também é o responsável por descarregar os caminhões de fornecedores de embalagens. Portanto, esta zona é composta de uma zona de trabalho e de uma zona de estoque de embalagens prontas. O diagrama de spaghetti abaixo mostra o principal fluxo de circulação nesse setor (Figura 8).

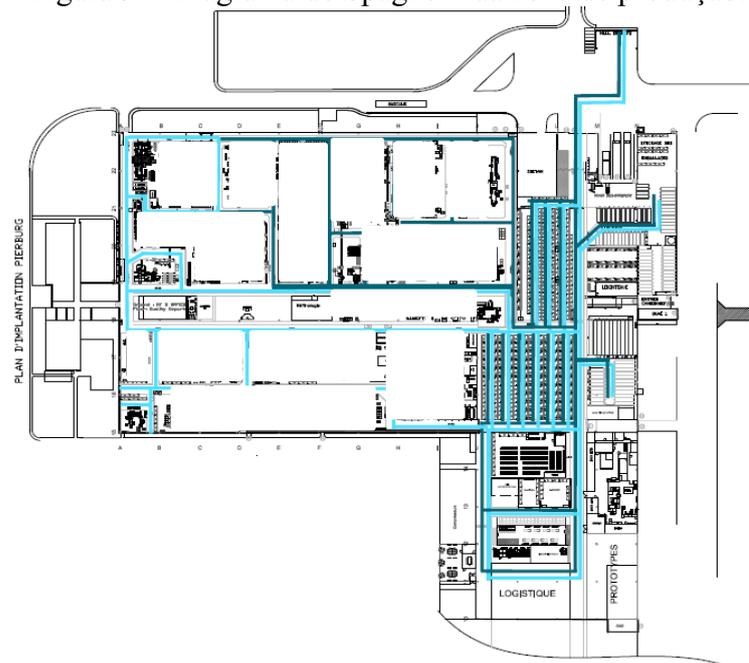
Figura 8 – Diagrama de Spaghetti da zona de embalagens.



Fonte: Elaborado pela autora.

Já a zona produção é onde existe a maior circulação (Figura 9), desde a zona logística até todas as células de produção no chão de fábrica. Os fluxos são o abastecimento das linhas de produção em matéria prima e embalagem, a estocagem de produto acabado, a manutenção das lixeiras industriais e o controle de qualidade. Na empresa XYZ, o abastecimento da linha de produção funciona baseado no Milk Run. As linhas de produção são divididas em quatro grupos e o trem abastece um grupo a cada viagem em no máximo uma hora. Portanto, ao final de quatro horas todas as linhas de produção são abastecidas uma vez. Além do abastecimento de linha, o trem também recolhe todas as embalagens retornáveis e não descartáveis e leva até um ponto de coleta chamado estação de tratamento. Nesta estação encontram-se sete paletes para as diferentes categorias de embalagem e contenedores. Quando um palete fica cheio, o operador do trem deve amarrar e finalizar a embalagem e levar para a zona de recepção onde será posteriormente enviado ao fornecedor.

Figura 9 – Diagrama de Spaghetti da zona de produção.



Fonte: Elaborado pela autora.

Por fim, a zona de expedição (Figura 10) é onde os produtos são enviados para o cliente. Os motoristas pegam os paletes estocados e colocam-nos em raias, separadas por caminhão, algumas horas antes da sua chegada. Assim que for sua vez, ele será carregado com a carga previamente separada.

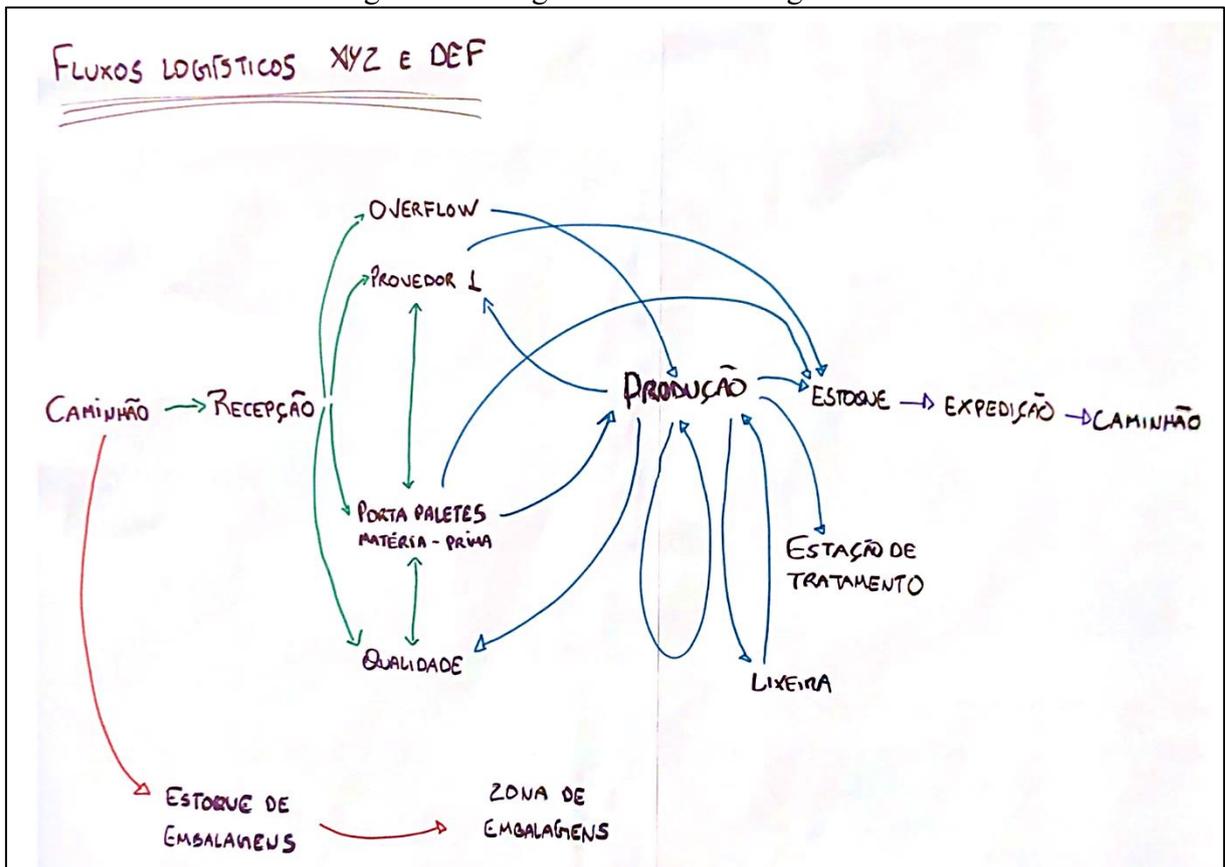
Figura 10 – Diagrama de Spaghetti das zonas de produção e expedição.



Fonte: Elaborado pela autora.

Uma vez que os elementos essenciais de cada setor foram compreendidos, a próxima etapa foi listar todos os diferentes movimentos internos de uma área para outra. Por exemplo, na área de recepção os paletes são descarregados do caminhão e em seguida devem ser inseridos eletronicamente no sistema ERP SAP. Depois, a maior parte deles será armazenada no rack de componentes ou peças brutas, enquanto outros, devido à superlotação, permanecem armazenados em uma área interna da recepção. O palete ainda pode ir para a área de qualidade para fazer uma conferência periódica do produto. A conclusão é que todas essas atividades consomem tempo do operador e serão levadas em conta para a análise. Assim como para a área de recepção, todas as atividades das demais áreas foram listadas. O diagrama abaixo mostra os fluxos físicos de cada zona (Figura 11):

Figura 11– Diagrama dos fluxos logísticos



Fonte: Elaborado pela autora.

Para recolher todas essas informações foi necessário conversar com diversos colaboradores, fazer perguntas e observar de perto o seu trabalho. Nessas conversas e observações, surgiram várias pistas de quais seriam os desperdícios emergentes nas atividades

de logística. Para isso, utilizou-se da gestão visual para concentrar essas informações em um só lugar (Figura 12).

Figura 12–Walk of Process do projeto.



Fonte: Elaborado pela autora.

Os post-its em azul são os problemas observados por alguém da empresa XYZ e aqueles em laranja são as observações feitas pelos funcionários da DEF. Após duas semanas no chão de fábrica para recolher todas as informações necessárias, esses problemas foram resumidos em um quadro (Quadro 2) e classificados pela categoria de desperdício. O quadro contém as seguintes informações: O problema observado, a consequência para a empresa XYZ e DEF quando for o caso, a zona logística que ele está associado, qual a categoria de desperdício, o nível de impacto desse problema para o trabalho e qual a relação com os objetivos do projeto (A, B, C). O impacto foi determinado a partir dos seguintes critérios: 1 são os problemas que não impactam o fluxo, mas melhoram a relação com os colaboradores, 2 são os problemas que afetam levemente o fluxo, 3 são os problemas que afetam o fluxo e 4 que afetam muito, impactando diretamente a produtividade.

Quadro 2– Quadro de problemas encontrados na empresa XYZ.

Nº	PROBLEMA	CONSEQUENCIA	ZONA	MUDA	IMPACTO	OBJETIVO
1	Não há espaço para estocar a matéria prima das embalagens	Elas são estocadas na doca de recepção	RECEPÇÃO	Espaço	3	A
2	Os caminhões não respeitam a grade de horários	Picos de sobrecarga dos motoristas	RECEPÇÃO	Tempo	4	B
3	Não há espaço suficiente no rack de componentes	Estoque excessivo na zona recepção	RECEPÇÃO	Estoque	2	A
4	Teste manual repetitivo no SAP até encontrar um local disponível para estocar	Perda de tempo e produtividade	RECEPÇÃO	Administrativo	1	A
5	A zona de preparação de embalagens é longe da zona de produção	O tempo para levar embalagem à linha é elevado	EMBALAGENS	Transporte	4	A
6	A zona de embalagens não é operada de forma padrão	A produção de embalagens não é dominada	EMBALAGENS	Conhecimento	3	C
7	Os operadores esperam que um motorista passe para poder encomendar a embalagem	Tempo de espera na linha	EMBALAGENS	Tempo	3	A
8	A preparação de embalagens do CLIENTE 1 não é ergonômica	Ergonomia / Perda de tempo	EMBALAGENS	Tempo	1	C
9	A produção de embalagens de frequentemente sofre interrupções para mudar a produção	Perda de tempo e produtividade	EMBALAGENS	Tempo	3	C
10	Existem mais operadores que necessário	Perda de produtividade	EMBALAGENS	Tempo	3	A
11	Estoque excessivo de embalagens	Não ha espaço para estocar novos materiais	EMBALAGENS	Estoque	3	C
12	A demanda de material para as embalagens não esta a dia na interface com o cliente	Estoque excessivo de matéria prima de embalagens	EMBALAGENS	Estoque	3	C
13	Ninguém é responsável pela estação de coleta do trem	5S da zona não é respeitado	PRODUÇÃO	Tempo	2	A
14	A estação de coleta do trem esta longe do fluxo da produção	A duração do ciclo do trem é maior	PRODUÇÃO	Transporte	4	A
15	O Provedor 1 está longe do fluxo da produção	O tempo para levar o palete ao prestaterio é elevado	PRODUÇÃO	Transporte	4	A
16	O Provedor 1 libera os paletes para estocar em lotes	Picos de sobrecarga dos motoristas	PRODUÇÃO	Tempo	2	A
17	O trem não opera com todos os seus vagões	Trabalho fora do padrão/ Perda de produtividade	PRODUÇÃO	Tempo	2	A
18	O 5S não é respeitado na zona de estocagem de componentes e peças brutas	5S / Produtividade	PRODUÇÃO	Espaço	1	A
19	As embalagens não são coletadas como deveriam do posto de trabalho	5S / Produtividade	PRODUÇÃO	Tempo	1	A
20	As lixeiras são deixadas no meio do caminho devido outras atividades mais urgentes	Perda de tempo e produtividade	PRODUÇÃO	Tempo	1	A
21	O picking do trem em caixas do tipo 1 não é adaptado, entrada da caixa é virada para a lateral	Ergonomia / Perda de tempo	PRODUÇÃO	Espaço	1	A
22	Reagrupamento das informações na folha kanban	Perda de tempo e produtividade	PRODUÇÃO	Administrativo	1	A
23	Não tem lote, mínimo para kanban em UM	O motorista faz varias vezes o trajeto	PRODUÇÃO	Transporte	2	A
24	As horas livres do trabalho do condutor do trem não são padronizadas	Trabalho fora do padrão/ Perda de produtividade	PRODUÇÃO	Tempo	2	B
25	Os motoristas da zona de produção se dividem nas duas miniusinas	Sobrecarga do motorista da miniusina B	PRODUÇÃO	Transporte	3	B
26	A Linha XZ exige o picking de muitos contenedores (50 em média) pesados	Ergonomia / Perda de tempo	PRODUÇÃO	Tempo	1	A
27	Em um trecho o trem logístico não consegue dar a volta	Perda de tempo e produtividade	PRODUÇÃO	Tempo	3	A
28	O flowrack da linha XZ não suporta a quantidade de contenedores kanban que são pedidos	Qualidade/ Segurança	PRODUÇÃO	Espaço	1	A
29	Os produtos acabados so são recuperados quanto estão no caminho do motorista	Ergonomia / Perda de tempo	PRODUÇÃO	Tempo	3	A
30	Os chefes de equipe e os funcionarios da logística efetuam muitas comands urgentes	Perda de tempo e produtividade	PRODUÇÃO	Administrativo	2	A
32	Os documentos de trabalho padronizado XYZ não usados para formar os funcionarios DEF	Trabalho fora do padrão/ Perda de produtividade	PRODUÇÃO	Conhecimento	2	B
33	Os motoristas confundem as embalages tipo 3.a e tipo 3.b e levam a errada	O motorista faz varias vezes o trajeto	PRODUÇÃO	Transporte	2	A
34	Os produtos acabados ainda não foram estocados no porta palete	Expedição em atraso	EXPEDIÇÃO	Tempo	2	A
35	Não ha alguem exerndo a função chefe de equipe na empresa DEF	Sobrecarga dos motoristas	GESTÃO	Conhecimento	3	B
36	Não existe uma rotina de repassar informações para os operadores da DEF	Rotina de apagar incêndio	GESTÃO	Conhecimento	3	B
37	Os motoristas vão e voltam com a embalagem devido a mudança na programação de produção	Viagens que não agregam valor	PRODUÇÃO	Transporte	4	A
38	Embalages tipo 2 não conforme	Perda de tempo e produtividade	EMBALAGENS	Embalagem	2	A
39	Embalages tipo 1 não conforme	Perda de tempo e produtividade	EMBALAGENS	Embalagem	2	A

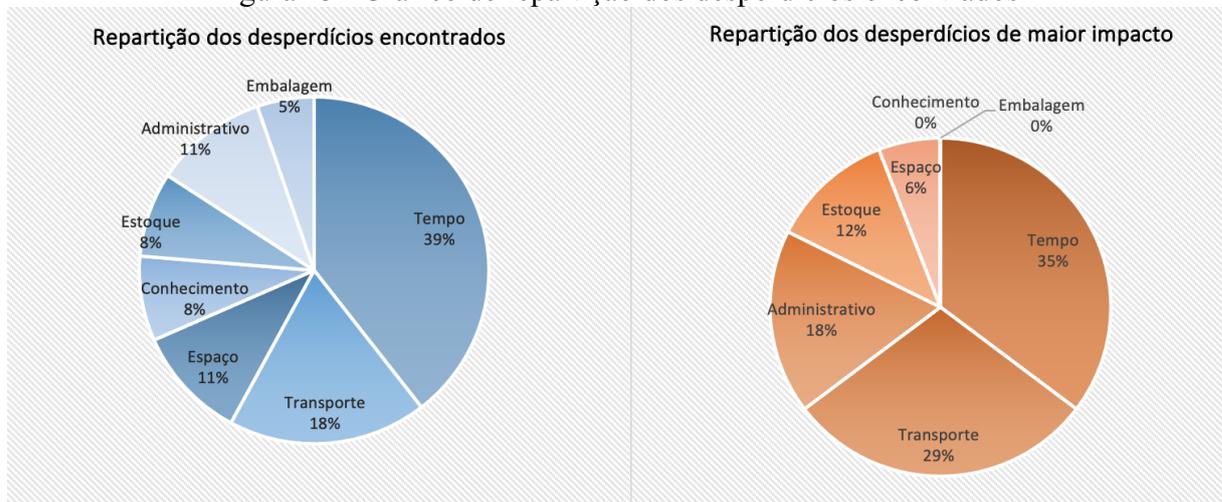
Fonte: Elaborado pela autora.

No total, existem trinta e nove desperdícios encontrados na empresa. Alguns são mais frequentes e foram mais citados, como os desperdícios de transporte, pois a zona de embalagem e a zona de controle de qualidade ficam longe da produção. Outros são bastante visuais, como o estoque em excesso de matéria prima para preparação das embalagens. Já os desperdícios relacionados à categoria Administrativo, como as atividades relacionadas ao SAP na recepção e ao uso do kanban, também acontecem, porém, são menos comuns.

A maior parte deles se refere à principalmente quatro categorias: Tempo, Transporte, Espaço e Conhecimento. Os desperdícios de Tempo são os mais representativos em quantidade, sendo 39% do total. Entretanto, fazendo a análise somente com as classificações 3 e 4 de impacto, o desperdício de tempo fica com 35% do total seguido do transporte com 29% (Figura 13).

Já em relação aos objetivos do projeto, a grande maioria dos desperdícios foram ligados aos objetivos de melhorar a produtividade. Entretanto os desperdícios ligados ao objetivo de controlar a zona de embalagens e aumentar a flexibilidade dos motoristas, mesmo que em menor quantidade, foram classificados em alto impacto. Essas informações são importantes pois podem direcionar o foco das etapas seguintes.

Figura 13– Gráfico de repartição dos desperdícios encontrados



Fonte: Elaborado pela autora.

Após esse período intenso de observação na empresa, percebe-se que existem vários desperdícios dispersos pelo chão de fábrica. Devido a essa grande quantidade de atividades realizadas que não agregam valor, a empresa provavelmente despense muito mais recursos de tempo, humanos e financeiros para realizar suas atividades. Além disso, o desperdício de transporte e tempo são os mais impactantes dentre todos os problemas encontrados. Portanto, a

próxima etapa foi calcular a carga de trabalho dos operadores em uma medida de tempo, a partir de um cenário ideal, livre de desperdícios, apenas fazendo os movimentos essenciais para a operação. Com isso pretendeu-se comparar o cenário atual com o calculado e avaliar o ganho potencial com a redução dos desperdícios.

#### **4.2.2 Measure**

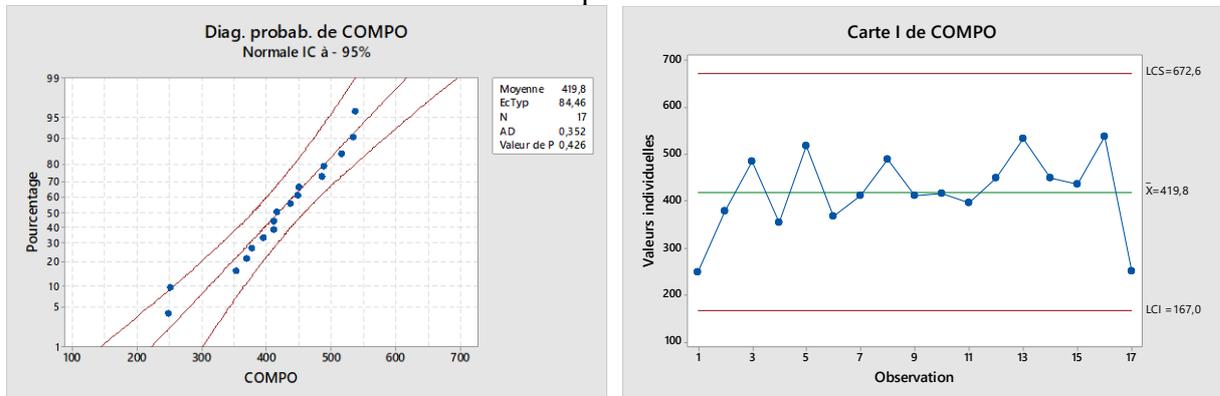
O objetivo desta etapa foi medir a carga de trabalho total dos operadores de empilhadeira para realizar todas as atividades que compõem fluxos logísticos em horas por semana. Em seguida, o resultado foi convertido no coeficiente operador/24h, a fim de comparar a situação atual com a calculada, em termos de número de operadores. Se houver uma grande lacuna entre o real e o calculado, há um problema e, portanto, uma oportunidade de melhoria. O cálculo foi realizado a partir das seguintes etapas:

##### *4.2.2.1 Coleta de dados*

O primeiro passo foi quantificar os diferentes movimentos, para ver quais eram os mais representativos para a carga de trabalho, que consomem mais tempo dos operadores. Na empresa XYZ, cada vez que um palete é transportado de um local para outro, uma transação denominada "Ordem de Transferência" é registrada no sistema SAP. A partir dessas transações é possível saber a quantidade total de movimentos de paletes, realizados na fábrica. Assim, os dados foram extraídos desse sistema para um banco de dados Excel, onde cada linha corresponde a um movimento e a quantidade foi deduzida como consequência. Além disso, outras informações de interesse neste documento eram o local remetente, o destinatário e a data, a fim de identificar os diferentes fluxos. Quanto ao histórico dos dados, o período analisado foi de setembro de 2020 a dezembro de 2020, pois foi quando a demanda voltou ao seu comportamento normal, após a crise Covid 2019.

Com essas informações, o objetivo foi obter uma média de paletes movimentados por fluxo logístico. No entanto, para usar uma média a partir de um histórico, é importante verificar se os dados seguem o comportamento da distribuição normal ao longo das semanas e são estáveis. A normalidade indica se os dados seguem um padrão de comportamento e a estabilidade para verificar se não existe nenhuma anomalia ou dados fora dos limites de controle. Então, para a normalidade foi utilizado o teste de probabilidade e para a estabilidade utilizou-se uma carta de controles por indivíduos do tipo simples com ajuda da ferramenta MINITAB. Essa verificação foi realizada para cada fluxo (ver figura 14).

Figura 14– Resultado dos testes Minitab para o fluxo da recepção ao porta-paleta de componentes.



Fonte: Elaborado pela autora.

Após a verificação em todos os dados, a conclusão é que eles são estáveis e a média pode ser usada. A tabela 1 apresenta um extrato da planilha de cálculo, continuando o exemplo da recepção, onde os dados dos diferentes fluxos estão representados por semana e a média calculada.

Tabela 1– Tabela de cálculo da média de paletes na recepção.

Semana	RECEPÇÃO										
	Caminhad Doca	Recep Of	Recep BQ	Recep PB 1	Recep PB 2	Recep COMPO	Recep PI 1	Recep Magasin	Recep Devol	Recep Quali	Recep Lignes
36		139	246	78	178	355	7			0	3
37		74	172	70	111	457	5			0	12
38		192	263	119	238	562	36			0	12
39		127	271	98	187	455	1			5	16
40		259	426	170	269	610	0			0	28
41		96	279	105	199	440	53			1	21
42		172	324	135	220	458	104			3	21
43		128	263	131	114	537	51			4	19
44		134	332	87	230	502	101			1	19
45		132	301	199	168	466	66	9h / 11h / 13h		3	8
46		115	215	178	171	447	56			8	16
47		177	261	161	210	485	110			1	18
48		170	273	54	249	586	90			0	16
49		139	234	175	189	511	52			0	21
50		175	155	134	45	450	56			1	8
51		104	142	216	328	586	139			1	6
52		37	43	55	168	280	3			0	7
2 (2021)											
3 (2021)											
4 (2021)											
5 (2021)											
<b>TOTAL</b>	<b>21126</b>	<b>2370</b>	<b>4200</b>	<b>2165</b>	<b>3274</b>	<b>8187</b>	<b>930</b>			<b>28</b>	<b>251</b>
<b>Média</b>	<b>966</b>	<b>146</b>	<b>260</b>	<b>132</b>	<b>194</b>	<b>494</b>	<b>58</b>	<b>15</b>	<b>40</b>	<b>2</b>	<b>15</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

Algumas atividades, como o transporte de suprimentos (material de escritório entre outros), da recepção ao estoque central e a devolução de embalagens aos fornecedores, não são registradas no SAP. Assim, para essas duas atividades, a coleta de dados foi feita diretamente em campo, a partir de conversas e da extração da informação que são registradas em documentos impressos.

Outras duas atividades da zona de produção, a retirada de lixo industrial e o abastecimento de linhas de produção, também tiveram uma coleta de campo importante. Para a coleta dos recipientes industriais, foi feito um levantamento de cada motorista de cada equipe no período de uma semana. Em uma folha, eles anotaram cada vez que tinham que levar o recipiente e colocar na área de tratamento. O segundo processo baseado na observação é o abastecimento das linhas de produção. Como esse processo opera em sistema Kanban e Milk run, os dados não ficam registrados no SAP. Portanto, foi necessária uma semana em campo com o operador do trem, nos turnos matutino e vespertino registrando as diferentes atividades de cada ciclo kanban e coletando o tempo.

#### 4.2.2.2 Cálculo da carga de trabalho

Com a quantidade de paletes movimentados por semana e os tempos das observações em campo, foi possível calcular a carga de trabalho. O método foi o seguinte (Equação 1): Foram definidos pontos médios na produção, para encontrar a distância dos deslocamentos, com o auxílio do plano da fábrica e a distância de dois pontos conhecidos. Em seguida, deduziu-se o tempo a partir da divisão da distância pela a velocidade média das empilhadeiras. Depois, somou-se o tempo médio de carga e descarga de um paleta, que foi estimado a partir de uma cronometragem em campo. O motorista pode pegar um paleta que está no solo até um paleta no quarto andar de uma porta paleta. A fim de partir de um ponto médio, considerou-se o tempo do segundo andar, tanto para buscar um paleta quanto para colocá-lo. Depois, somou-se o tempo de passar o scanner no código o paleta, que é feito em cada operação. Por fim, esse tempo foi multiplicado à média encontrada de paletes por fluxo (anexo 2) e o tempo convertido em horas.

Equação 1: Carga de trabalho em horas por semana.

$$X = \left( \frac{D}{v} + t \right) \times N$$

D : Distancia média de um ponto a outro ;

V : Velocidade média da empilhadeira (11 km/h) ;

t : Tempo de carregar e descarregar um paleta

N : Média de paletes por fluxo

Além disso, algumas atividades realizadas na rotina tomam tempo dos operadores, mas não são necessariamente um movimento, como por exemplo o controle de mercadorias na recepção. Estes casos também foram considerados para o cálculo da carga. A tabela abaixo retoma o exemplo da recepção e resume as informações do cálculo.

Tabela 2– Extrato da tabela de cálculo da carga de trabalho.

<b>TABELA DO CALCULO DE CARGA</b>				
	<b>Distância</b>	<b>Deslocamento</b>	<b>Carga/Descarga</b>	<b>Tempo Total</b>
<b>ZONA RECEPÇÃO</b>	m/palete	s/palete	s/palete	horas/semana
Descarregar o caminhão	-		50	13,42
Controlar mercadoria			15	4,03
Recepção ao Overflow	18,75	6,1	61,1	2,48
Recepção ao PB 004	60,9	19,9	74,9	2,75
Recepção ao PB 804/6	59,1	19,3	74,3	4,01
Recepção ao Componente	117,2	38,4	93,4	12,81
Recepção ao provedor 1	185,625	60,8	115,8	1,86
Recepção à qualidade	155,6	50,9	105,9	0,05
Recepção ao estoque central	117,19	38,4	93,4	0,39
Devolução fornecedor			50	0,64
Devolução fornecedor de ETM			50	0,56
Reorganização de paletes				5
<b>SOMA</b>				<b>48,0</b>
<b>Op/24h</b>				<b>1,3</b>
<b>Margem 15%</b>				<b>1,6</b>

Fonte: Elaborado pela autora.

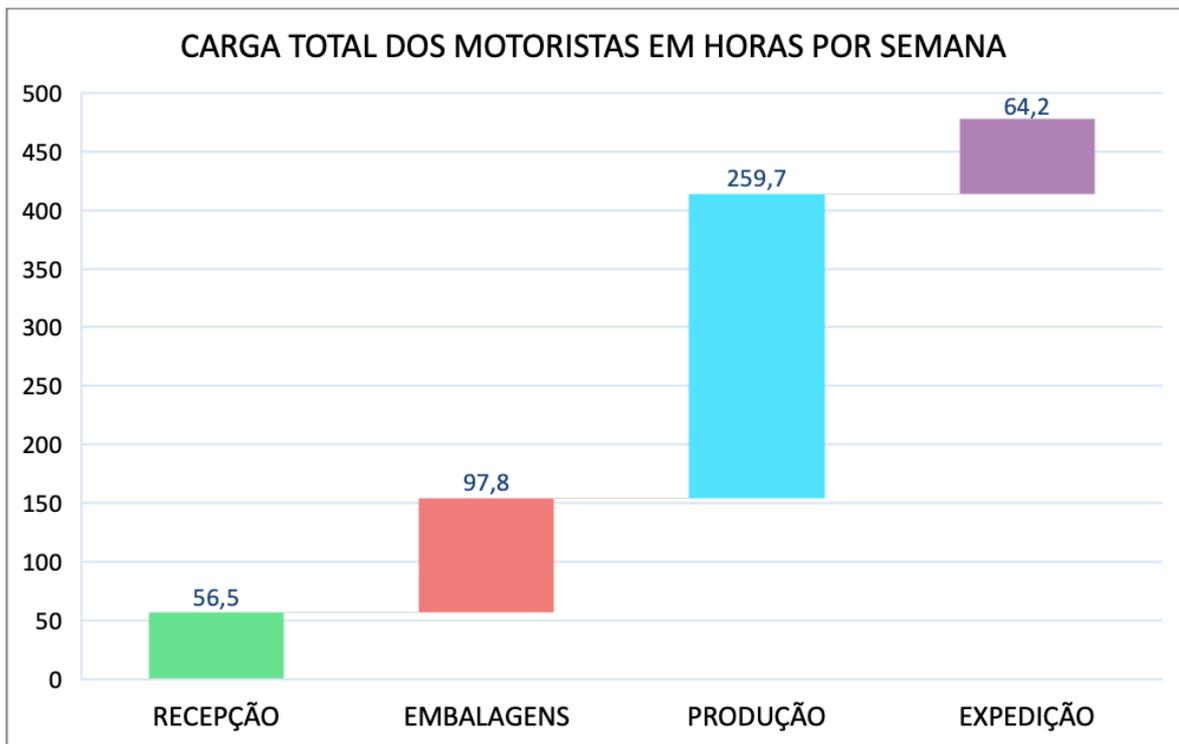
Depois de efetuar o cálculo para áreas de recepção, embalagem, expedição e produção, obteve-se um primeiro resultado de carga de trabalho. No entanto, o valor encontrado ainda não está correto, pois não existe 100% de eficiência nas atividades realizadas por humanos. Segundo Barnes (1977), cada operador deve ter um tempo reservado para suas necessidades pessoais e o fator humano deve ser levado em consideração. Peinaldo e Graeml (2007) acrescentam que para uma jornada de trabalho de 8 horas sem intervalos de descanso (exceto intervalo para almoço), o tempo médio de inatividade, normalmente utilizado, varia de 10 a 24 minutos, ou seja, de 5 a 10% da jornada de trabalho. Assim, considerando que há intervalos durante o dia para os funcionários da empresa XYZ e DEF, uma taxa de 15% foi adicionada.

Além disso, uma outra margem foi considerada. Neste cálculo, considerou-se que o operador logístico realiza cada movimento de ida e volta com um palete no garfo da

empilhadeira. Entretanto, muitas vezes os operadores carregam dois ou três paletes de uma só vez. Optou-se por deixar o cálculo desta forma a fim de acrescentar uma margem para atividades dispersas, que não fazem parte da rotina, mas que podem ser solicitadas e tomam tempo. Como por exemplo, quando um operador de produção pede a um operador logístico para movimentar alguns paletes para organizar a zona.

O resultado dos cálculos em horas por zona por semana é representado pelo gráfico abaixo.

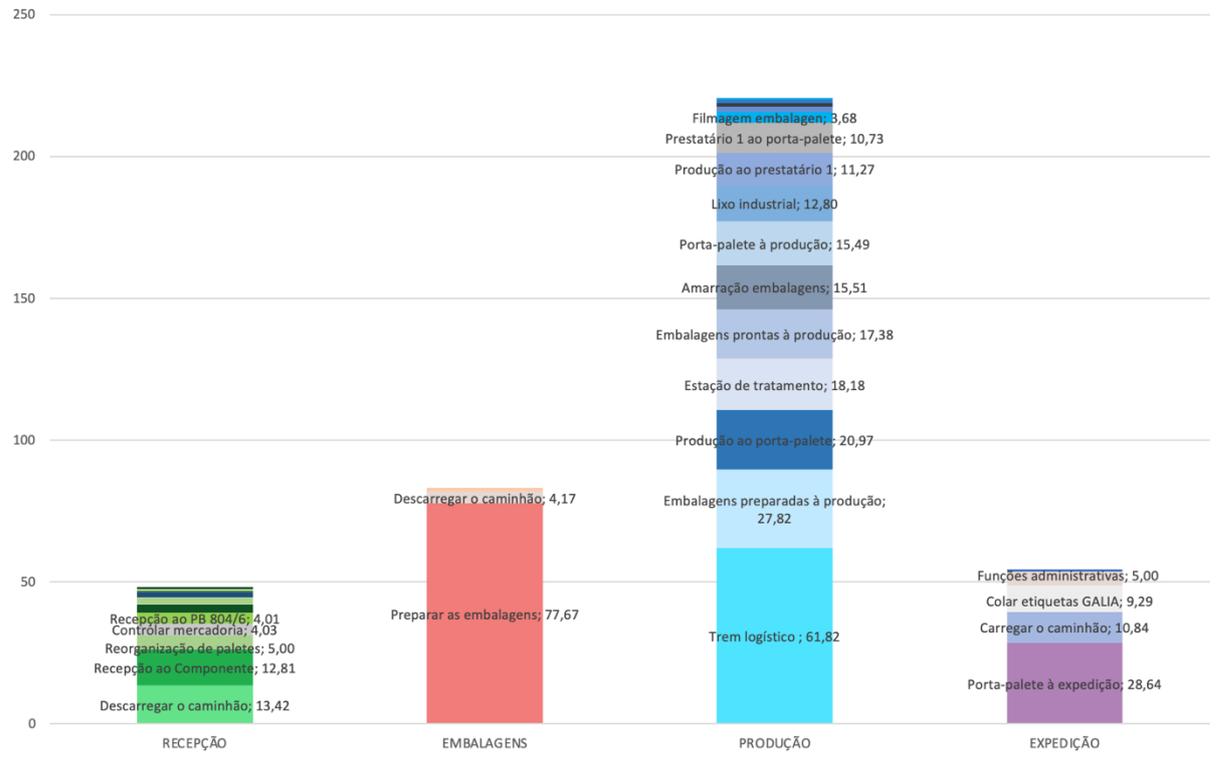
Figura 15– Gráfico das horas por semana com 15% de margem da carga total calculada.



Fonte: Elaborado pela autora.

Pode-se observar neste gráfico que a zona de produção é a que mais consome tempo do serviço logístico, quase trezentas de um total de quinhentas horas. Esse resultado está de acordo com as observações feitas na etapa anterior, em que os motoristas da zona produção possuem muito mais atividades comparado as outras zonas. Para visualizar o cálculo por atividade, por zona, os dados foram representados na Figura 14.

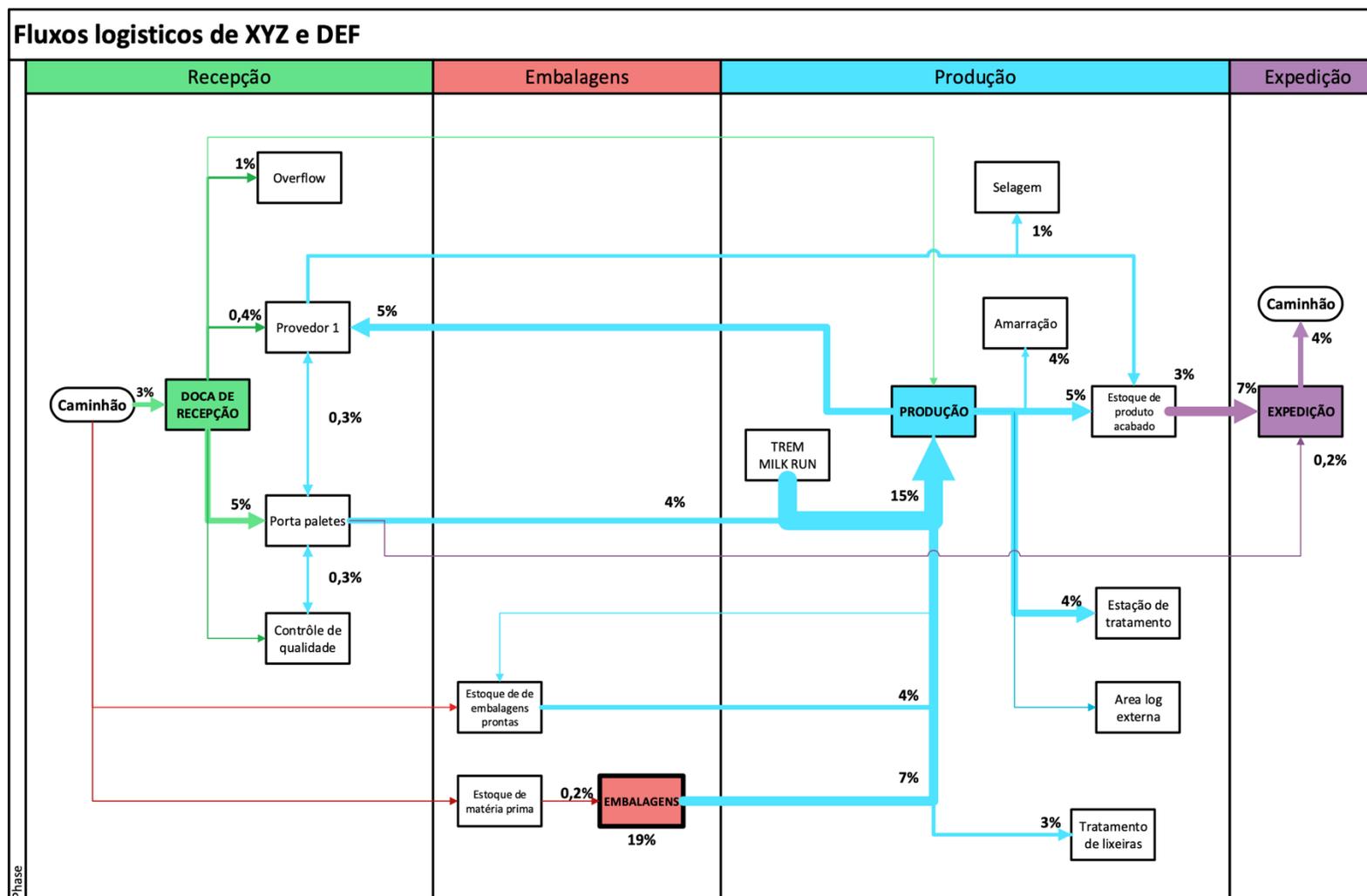
Figura 16 – Gráfico da repartição da carga das atividades por zona logística.  
HORAS DE TRABALHO POR ATIVIDADE POR SEMANA



Fonte: Elaborado pela autora.

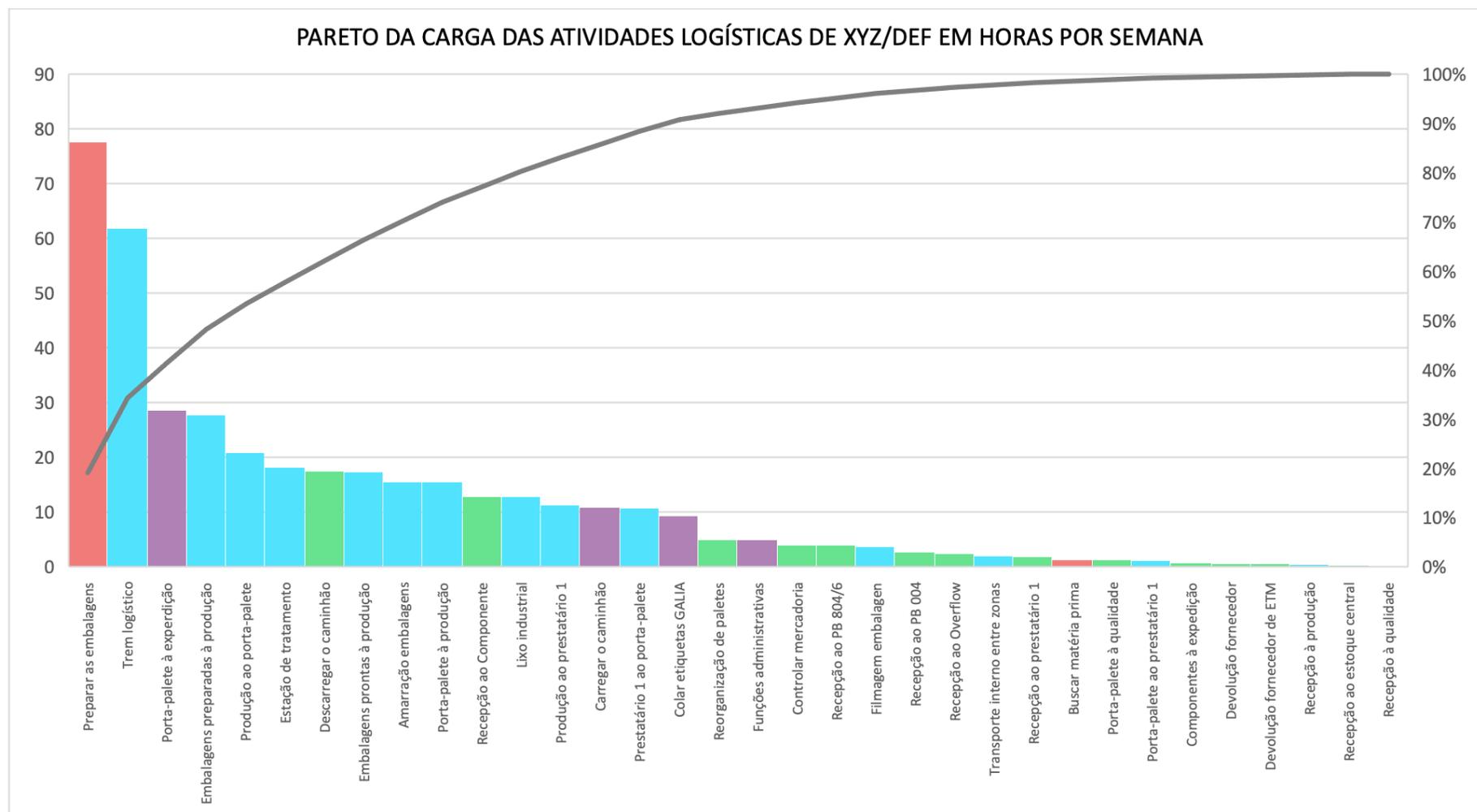
A partir dessa imagem é possível compreender melhor a repartição de carga das atividades. Nas zonas embalagens, produção e expedição existe uma atividade que se destaca perante as outras. A atividade de preparar embalagens é a que mais consome tempo dos funcionários da DEF. Para melhor compreender a situação, o primeiro documento de movimentos por fluxo (Figura 17) foi digitalizado e adicionado ao cálculo de carga por atividade. O novo diagrama permite visualizar os diferentes movimentos logísticos e a carga que representam em todo o fluxo sob as horas totais. As setas representam os diferentes fluxos logísticos. Ao lado de cada um, os percentuais representam a razão entre o tempo de realização de cada atividade e o tempo total, incluindo todas as atividades. Portanto, quanto maior a seta, mais horas essa atividade consome do contrato de trabalho. Só o trem logístico requer 16% do tempo dos operadores para mantê-lo. O fluxo ao provedor 1, uma empresa terceirizada de controle de qualidade, é responsável por 8% da carga total. O resumo de todas essas atividades é exibido em um gráfico de Pareto (Figura 18), que mostra claramente as atividades ordenadas por carga.

Figura 17–Diagrama dos fluxos logísticos.



Fonte: Elaborado pela autora.

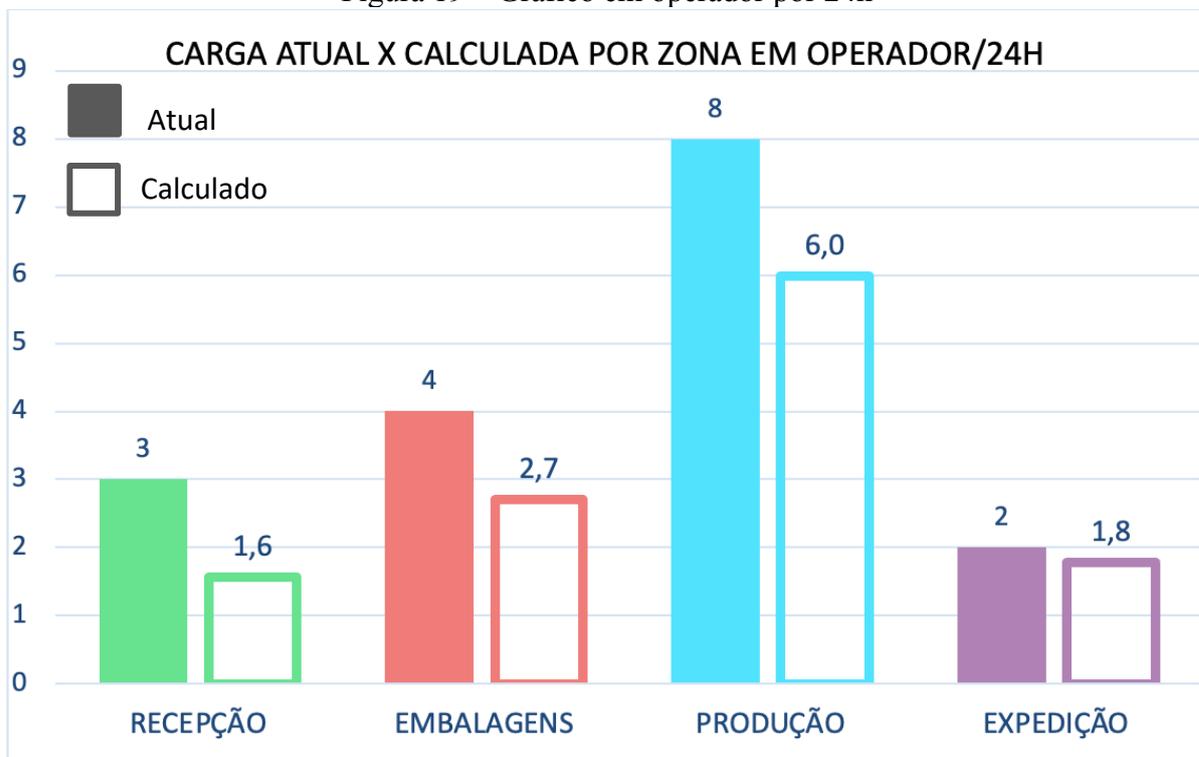
Figura 18– Gráfico de Pareto das atividades logísticas



Fonte: Elaborado pela autora.

Essa representação serviu de orientação para a próxima etapa, de análise, pois indica as atividades que são mais relevantes para a carga do fluxo e que possivelmente vão trazer mais resultados se melhoradas. Ao reduzir o tempo das atividades, é possível reduzir a quantidade de pessoas para executá-las e trazer ganhos financeiros para a empresa. Para visualizar esses dados em termos de operadores, a carga em horas por semana foi dividida pelos dias úteis na semana e o tempo útil de trabalho por dia, de 434 minutos. O gráfico abaixo mostra a comparação da situação atual com o calculado.

Figura 19 – Gráfico em operador por 24h



Fonte: Elaborado pela autora.

A diferença encontrada é o ganho potencial se os desperdícios forem reduzidos. Se as atividades desnecessárias e sem valor agregado forem eliminadas é possível reduzir até cinco motoristas. Em termos de ganhos financeiros, visto que um motorista custa para a empresa €24,58 por hora, considerando 8 horas de trabalho por dia e 254 dias úteis no ano de 2021, a empresa pode economizar até 247.701,00 €/ano fazendo uma simples multiplicação dos fatores acima. É uma redução drástica, que corresponde a 30% do corpo dos funcionários da empresa. Portanto, pretende-se atingir esse objetivo gradualmente à medida que os desperdícios forem eliminados. Para encontrar as soluções e ações a serem realizadas, as informações recolhidas até então foram analisadas em detalhe na etapa seguinte.

### 4.2.3 Analyse

A etapa de Análise consiste em interpretar as informações resultantes da etapa de medir e processá-las, de forma a explicar a diferença entre a quantidade atual do operador e a calculada. Em seguida, o objetivo foi definir os eixos de atuação do projeto. O resultado esperado são as iniciativas que serão criadas e implementadas na fase “Improve”.

Para facilitar a análise, os fluxos logísticos foram divididos em categorias por afinidade; as que dizem respeito ao mesmo assunto são tratadas em conjunto. Para definir essas categorias, as informações coletadas na etapa definir (Quadro 1) e na etapa medir foram avaliadas em conjunto. Os critérios utilizados foram a recorrência do problema, o impacto avaliado e a posição no gráfico de Pareto.

Por exemplo, todos os fluxos relacionados ao provedor 1 juntos representam 8% da carga dos motoristas, sendo bem representativo para o fluxo e foram, portanto, unidos em uma só categoria. O trem logístico é outra atividade que sozinha toma 16% do tempo e, portanto, ela também foi tratada em outra categoria. Já a zona de embalagem exigiu diferentes focos: Na fase definir o problema de receber a embalagem errada na linha de produção, a interrupção da preparação de embalagem, comum para fazer outro tipo e o estoque excessivo foram levantados diversas vezes, portanto foi criada uma categoria para a gestão da produção de embalagens. A falta de matéria prima para embalagem deu origem a outra categoria para tratar desse tema. Por fim, também foi criada uma categoria para a comunicação e informação cruzada entre as duas empresas. Além dos fluxos, foram criadas três categorias relacionadas à observação de campo e questões administrativas. A única zona logística que não deu origem a alguma categoria foi a de expedição, pois ela foi considerada como estável e sem muitos problemas urgentes e desperdícios a serem tratados

Essa lógica foi usada para as demais atividades e o resultado é apresentado no Quadro 3, totalizando 15. O código de cores foi respeitado para as diferentes áreas, sendo verde para a recepção, vermelho para a preparação de embalagens, azul para a produção e o bege para as atividades administrativas.

Quadro 3– Categoria das iniciativas de trabalho.

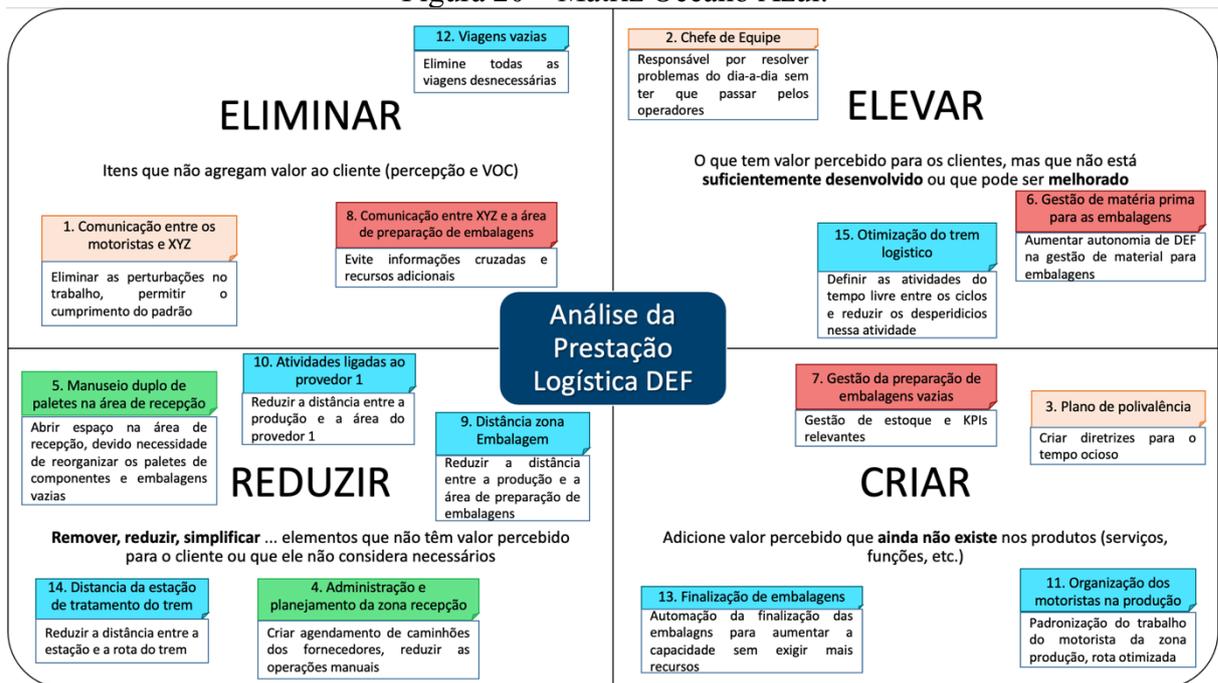
#	Categorias das iniciativas
1.	Comunicação entre os motoristas e os funcionários de XYZ
2.	Presença de um chefe de equipe
3.	Plano de polivalência
4.	Administração e planejamento da recepção
5.	Manuseio duplo de paletes na zona recepção
6.	Gestão da preparação de embalagens
7.	Gestão da matéria prima de embalagens
8.	Comunicação entre XYZ e a zona de embalagens
9.	Distância da zona de preparação de embalagens
10.	Atividades relacionadas ao provedor 1
11.	Organização dos motoristas da zona produção
12.	Viagens em vazio
13.	Finalização das embalagens (Filmagem e amarração)
14.	Distância da estação de tratamento da zona de produção
15.	Trem logístico

Fonte: Elaborado pela autora.

Em seguida, as categorias foram posicionadas na Matriz do Oceano Azul (KIM; MAUBORGNE, 2005). Esta Matriz é utilizada para entender o posicionamento estratégico de cada um de acordo com os objetivos do projeto. É composto por quatro quadrantes: Eliminar, Reduzir, Elevar e Criar, que sugerem como lidar com os diferentes tópicos.

Em eliminar deve-se posicionar as categorias que não agregam valor ao cliente, nesse caso a VOC, e devem ser eliminadas das atividades de rotina. Na categoria reduzir são elementos que não têm valor percebido para o cliente, ou que ele não considera necessários e que devem ser removidos, reduzidos ou simplificados. Já em elevar, devem ser posicionadas as categorias que tem valor percebido para os clientes, mas que não está suficientemente desenvolvido ou que pode ser melhorado. Finalmente, em criar, está tudo aquilo que tem valor para o cliente, mas que ainda não existe nos produtos (serviços, funções etc.). No final, três categorias foram colocadas em eliminar, cinco em reduzir, três em elevar e quatro em criar.

Figura 20 – Matriz Oceano Azul.



Fonte: Elaborado pela autora.

A primeira categoria (quadro 3) foi posicionada em eliminar pois ela gera muitos desperdícios relacionados a gestão e a movimentação. Os motoristas frequentemente recebem ligações de funcionários da XYZ, com demandas “urgentes”, e interrompem suas atividades para responder ao pedido. O objetivo é cortar esse canal de comunicação direta e direcionar a um chefe de equipe da logística, que está relacionado à segunda categoria, posicionada em elevar. Hoje o chefe de equipe realiza funções operacionais e não possui tempo para se dedicar às tarefas de gestão, fazendo com que a comunicação fique descentralizada. Isso gera sobrecarga de alguns e ociosidade de outros e as atividades inacabadas resultam no desperdício de espera.

A terceira categoria trata de criar um plano de polivalência para ajustar a oscilação de carga dos trabalhadores da DEF durante a semana. Hoje fica a critério de cada um, quando disponíveis, de ajudar e se posicionar em outras áreas. O objetivo no futuro é ter um plano de alocação dos motoristas conforme a programação da produção.

A quarta e a quinta categoria estão relacionadas à recepção. A administração e planejamento foi posicionada em reduzir no sentido de simplificar essas operações. O funcionário administrativo da empresa DEF investe grande parte do seu tempo ao registrar cada paleta que chega no sistema SAP. Uma simples automatização desse processo, possivelmente com o scanner, poderia ganhar meio período de trabalho. Além disso, um problema frequente na recepção é a chegada dos caminhões no mesmo horário e objetivo é negociar com os

fornecedores a fim nivelar a grade de horário de chegada na doca de recepção. A outra categoria, de manutenção dupla de paletes foi posicionada em reduzir para tentar acabar com esse desperdício de movimentação, sendo uma das causas a falta de espaço e o estoque em excesso nessa zona.

As próximas três categorias tratam da zona de embalagem. Hoje não existe uma gestão eficaz e bem planejada dessa zona. Isso significa que os operadores dessa zona não sabem o que nem quanto produzir, os níveis de estoque que foram calculados no momento da implantação da zona estão desatualizados. Além disso, muitas vezes é necessário que alguém da empresa XYZ informe o plano de produção e faça demanda de preparação de embalagens em urgência. Por isso, objetiva-se criar um sistema simples de gestão para essa zona e eliminar essa necessidade de comunicação. Quanto às matérias primas, hoje é a empresa XYZ que as gere. O objetivo no futuro é melhorar essa gestão e incentivar a DEF mais autônoma, e controlar seus estoques e fazer as comandas.

O restante das categorias são problemas da zona de produção. Tanto a zona de embalagem, quanto a estação do trem e o provedor 1 estão consideravelmente distantes da rota normal dos motoristas da produção. Todas essas foram posicionadas em reduzir para diminuir essa distância e os desperdícios relacionados ao transporte. Um dos grandes problemas nessa zona é a organização dos motoristas e como eles devem realizar suas atividades. Hoje não existe nenhum sistema ou rota padronizada para orientar seu trabalho. Sua função consiste em circular pela produção, observar se existe algum palete de produto acabado pronto para ser estocado e conversar com os operadores para verificar se alguma embalagem para as linhas de produção. Acontece o mesmo com a lixeiras, assim que uma está completa e eles a veem, devem levá-las para esvaziar na zona de tratamento de lixo. Esse é um dos principais fatores que originam as viagens em vazio (posicionadas em eliminar). Portanto essa categoria foi posicionada em criar, para desenvolver um sistema mais produtivo.

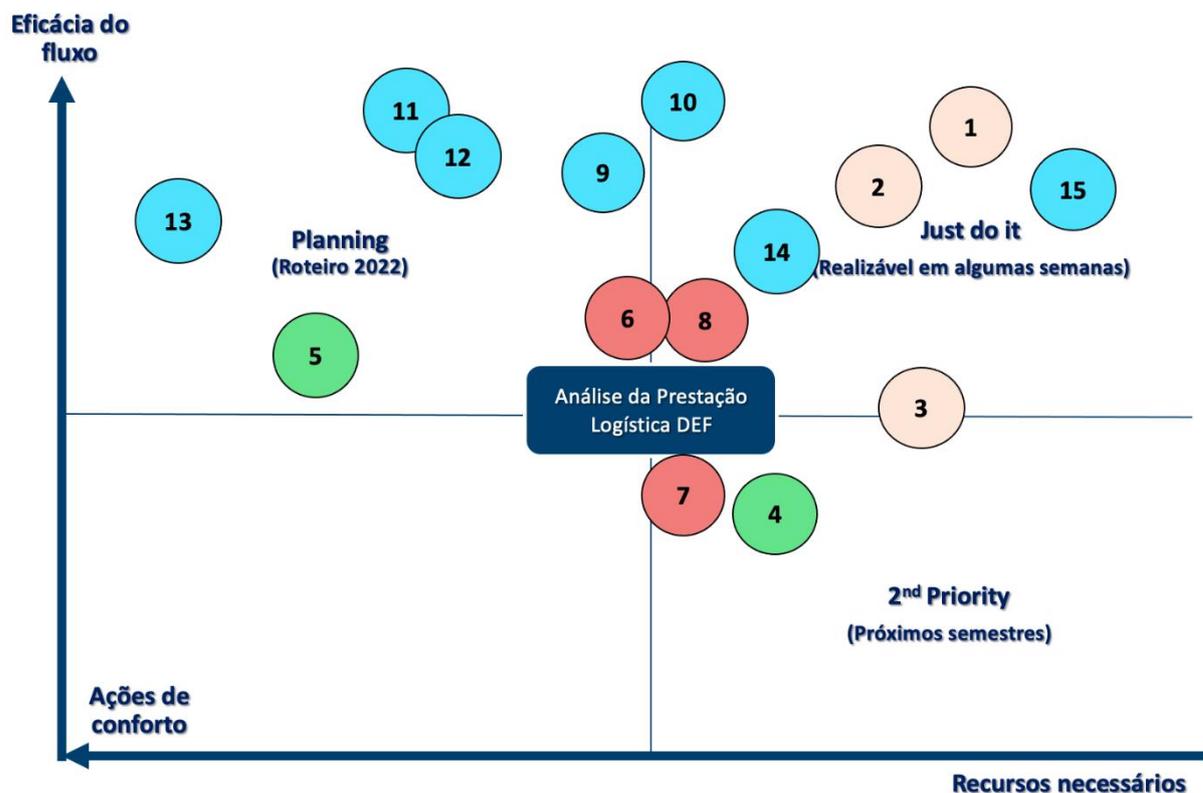
A finalização de embalagens também toma um tempo considerável, pois são realizadas com uma máquina semiautomática com um tempo de ciclo limitado. A empresa deseja que os motoristas comecem a finalizar a embalagem de todas as linhas no lugar dos operadores e não somente de algumas, como é feito atualmente. Portanto essa categoria foi posicionada em criar, através da automatização, uma solução que tome menos tempo e que não aumenta a carga proporcional a quantidade de paletes finalizados. Por fim, o trem logístico foi posicionado em elevar. Suas atividades foram pensadas de maneira otimizado e já reduziram o nível de carga

em comparação ao sistema que operavam antes. Entretanto, ainda existem melhorias a serem feitas e reduzir os desperdícios encontrados (quadro 2) dessa atividade.

Devido ao grande número de categorias, foi utilizada uma matriz de prioridades para ordenar as diferentes iniciativas de acordo com dois critérios: A eficácia do resultado, quanto ganho a ideia trará para a empresa e a quantidade de recursos necessários para colocá-la em prática. Os recursos podem ser financeiros, humanos ou materiais. Por exemplo, a ideia de automatizar a contagem necessariamente terá um investimento financeiro para a máquina potencialmente adquirida.

O posicionamento das categorias na matriz define como serão tratadas. Aqueles que estão no quadrante “Just do it” requerem poucos recursos e trazem ótimos resultados, e deve-se colocar em prática assim que possível. No quadrante “Planejamento” estão aqueles que trazem um grande resultado, mas que também requerem uma grande quantidade de recursos. Portanto, eles devem ser planejados e tratados na estratégia de negócios. Por fim, no quadrante “2ª Prioridade” estão as categorias que não trazem muito resultado, mas que não requerem muitos recursos. São ações consideradas de conforto, que trazem ânimo à equipe e devem ser planejadas nos próximos semestres.

Figura 21– Matriz de prioridade das categorias.



Fonte: Elaborado pela autora.

Uma vez determinado como cada categoria deve ser tratada e sua prioridade perante as outras, a próxima etapa em *Improve*, desenvolveu-se os planos de ação que tratassem de resolver cada uma das questões.

#### 4.2.4 Improve

Esta fase é o momento em que se inicia o processo criativo para trabalhar nas categorias previamente encontradas. Agora não somente são usadas as observações, fatos e dados, mas principalmente novas ideias que solucionem o problema da empresa.

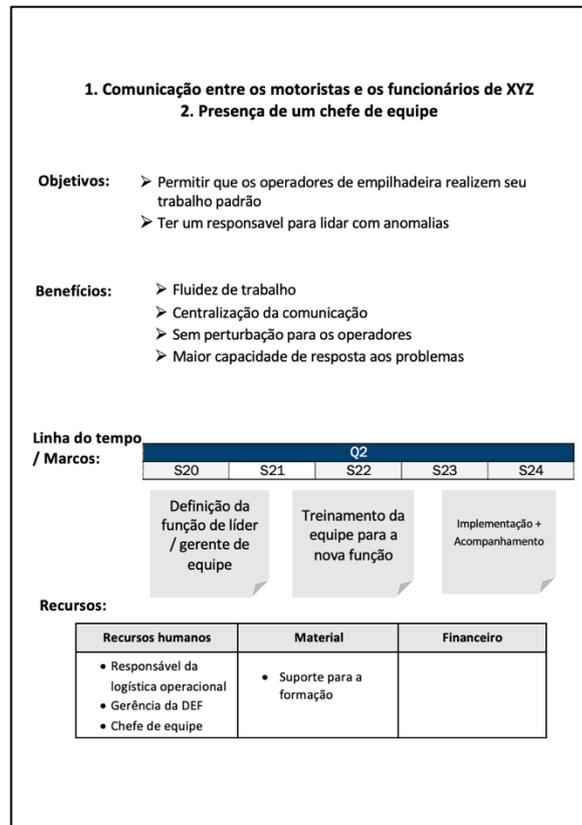
Na análise, a própria matriz já indicou como as categorias devem ser tratadas. Portanto na fase *Improve* o objetivo foi detalhar cada uma dessas iniciativas, no formato “Initiative Charter” levando-se em consideração os seguintes pontos:

- Os objetivos das ações;
- Os benefícios para a empresa;
- Marcos em uma escala de tempo;
- Os recursos necessários.

Como o trabalho é feito visando melhorar o desempenho da empresa XYZ, mas que afeta diretamente o serviço da DEF, esse primeiro plano de ação visa apresentar a ideia essencial, a partir dos pontos apresentados acima, a fim de validar as frentes de trabalho com as duas partes. A linha de tempo foi estimada baseado na matriz de prioridades da fase anterior.

Das quinze categorias, doze *initiatives charters* foram criadas (Figura 22). As três categorias que foram excluídas foram agrupadas com outras categorias na matriz porque tratam do mesmo assunto.

Figura 22 – Exemplo de um "Initiative Charter".



Fonte: Elaborado pela autora.

Essas iniciativas serão coordenadas por diferentes líderes. O ideal é que a maior parte da equipe DEF assuma o controle, para que possam encontrar a melhor maneira de otimizar seu serviço. Alguns afetam diretamente a planta da fábrica XYZ, como a movimentação de áreas internas, por isso a empresa cuidará deles. Todos os planos de ação foram validados com a equipe do projeto em uma reunião com os diretores das duas empresas.

Em seguida, os marcos de todas as iniciativas foram reagrupados em uma escala de tempo de único documento, o roteiro do projeto. O Roteiro serve para nortear as ações a serem implementadas ao longo do ano. Esta etapa foi finalizada com uma apresentação para a equipe de gestão da DEF para validação e comprometimento com o trabalho. Uma vez as iniciativas e o roteiro validados, o projeto seguiu para a fase controlar para acompanhar a implementação e oferecer suporte.

Figura 23– Roteiro do projeto.

INITIATIVE CHARTERS											Q3 Q4 2021						2022				
	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24	S25	S26	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO	Q1	Q2	Q3	Q4	
1. Eliminar a comunicação entre os motoristas e os funcionários de XYZ / Presença de um chefe de equipe				Definição de função chefe de equipe para a DEF	Formação dos funcionários DEF e WYZ		Implementação da função chefe de equipe	Estabilização													
3. Criar um plano de polivalência						Criar planilha de alocação dos motoristas	Testar		Implementação	Estabilização											
4. Administração e planejamento da recepção											Estudo do processo	Proposição de uma solução	Implementação / comunicação fornecedores	Estabilização							
5. Manuseio duplo de paletes na zona recepção																	Estudo do novo fluxo e layout	Implementação e estabilização			
6. Gestão da preparação de embalagens	Cálculo do estoque e tempo de ciclo	Implementação e gestão visual			Estabilização da solução																
8. Comunicação entre XYZ e a zona de embalagens																					
7. Gestão da matéria prima de embalagens											Design do processo para DEF	Implementação	Estabilização								
9. Distância da zona de preparação de embalagens																		Estudo das zonas, implementação do novo layout	Estabilização		
10. Atividades relacionadas ao provedor 1	Estudo do plano	Proposição de uma solução de layout			Implementação			Estabilização													
11. Organização dos motoristas da zona produção / Viagens em vazio																	Estudo do novo fluxo e atividades	Implementação	Estabilização		
12. Viagens em vazio																					
13. Finalização das embalagens (Filmagem e amarração)						Estudo dos custos											Implementação				
14. Distância da estação de tratamento da zona de produção	Estudo do plano	Proposição de uma solução de layout	Implementação		Estabilização																
15. Otimização do trem logístico			Reajustar as atividades do trem	Redução dos desperdícios e integração total da produção		Implementação	Estabilização														

Fonte: Elaborado pela autora.

#### 4.2.5 Control

A última etapa do trabalho serve, sobretudo, para garantir a continuidade do projeto e definir ações. No projeto, o trabalho foi focado em ajudar a equipe da DEF e fornecer o suporte necessário para conduzir o plano de ação e o roteiro. No início, houve muito trabalho com a equipe para discutir detalhadamente todas as iniciativas e alinhar as duas partes aos objetivos. Em seguida, foi definido um responsável para cada ação e o plano foi detalhado de acordo com a conduta de cada uma. Além disso, uma reunião semanal de acompanhamento foi marcada no final de maio até metade de junho. Esse apoio é fundamental e deve ser realizado com rigor, tendo como suporte o Roteiro.

O suporte baseou-se nos seguintes pontos:

- Progresso do projeto;
- Dificuldades encontradas;
- Ações implementadas.

Figura 24– Plano de ação.

Iniciativa	Ação	Responsavel	Prazo	Estado	Urgencia
1	Comunicar os funcionarios XYZ do novo plano de comunicação com os motoristas	Chefe de produção XYZ	25/05/2021	Checar	
1	Comunicar os motoristas DEF do novo fluxo de comunicação	Responsavel DEF	26/05/2021	Checar	
1	Criar acompanhamento da comunicação semanal para analisar efetividade das ações	Responsavel DEF	31/05/2021	Desenvolver	1
2	Ajustar a planilha de calculo de carga geral para calculo por linha	Manuela TESTONI	04/06/2021	Desenvolver	
3	Verificar agenda de chegada de fornecedores na fabrica com a logistica central	Manuela TESTONI	11/06/2021	Planejar	
3	Estudar o nivelamento da chegada dos caminhões no mês de junho	Responsavel DEF	02/07/2021	Desenvolver	1
4	Aguardar a desmontagem da linha PPH X. Ver cenario	Coordenador E.E	01/12/2021	Planejar	1
5	Calcular novo estoque minimo para embalagens	Manuela TESTONI	04/06/2021	Desenvolver	
5	Calcular consumo das embalagens high runners	Manuela TESTONI	03/06/2021	Desenvolver	1
5	Criar um sistema de acompanhamento de estoque baseado na incrementação/consumo	Responsavel DEF	04/06/2021	Planejar	1
5	Ajustar os estoques da zone e implementar gestão visual	Responsavel DEF	18/06/2021	Desenvolver	
6	Criar um documento/Sistema para indicar necessidade de matéria prima de embalagens	Responsavel DEF	18/06/2021	Planejar	1
7	Garantir a desmontagem da linha PPH X	Coordenador E.E	01/11/2021	Desenvolver	
7	Reduzir o fluxo de produtos que passam pela zona provedor 1	Chefe de produção XYZ	01/11/2021	Checar	
7	Reduzir o tamanho da zona do provedor 1	Chefe de produção XYZ	01/11/2021	Planejar	
8	Criar planilha de calculo da necessidade de motoristas baseado na produção	Manuela TESTONI	04/06/2021	Desenvolver	1
9	Implementar cenario	Chefe de produção XYZ	01/12/2021	Planejar	
10	Implementar cenario	Chefe de produção XYZ	01/12/2021	Planejar	
12	Auditoria diaria do trem logistico	Manuela TESTONI	25/06/2021	Desenvolver	
12	Encerramento do projeto e passagem de responsabilidade à 100% para DEF	Coordenador E.E	21/06/2021	Planejar	
12	Retirada de todos os paletes de embalagens da produção	Responsavel DEF	18/06/2021	Planejar	
12	Criar zona de estoque especifica para embalagens Alpha e Beta	Engenheira logistica	11/06/2021	Planejar	
12	Modificar os moveis Kanban que farão parte do ciclo do trem	Coordenador E.E	04/06/2021	Checar	
12	Criar plano da estação de tratamento + sistema de controle	Manuela TESTONI	04/06/2021	Desenvolver	
12	Transformar a entrega da linha X de picking para paleta completo	Engenheira logistica	28/05/2021	Agir	
12	Modificar o vagão de embalagens fornecedor para cestos de coleta	Manuela TESTONI	25/05/2021	Checar	
12	Modificar a estação de tratamento	Responsavel DEF	07/05/2021	Agir	
12	Começar a coleta de embalagens (caixas) vazias na produção	Responsavel DEF	03/05/2021	Agir	
12	Começar a coleta de embalagens fornecedor na produção	Responsavel DEF	07/06/2021	Planejar	1
12	Atualização da estação e plano de organização com as necessidades de 2021	Coordenador E.E	30/04/2021	Agir	
12	Criação de padrões de trabalho para a coleta de blisters e caixas vazias	Manuela TESTONI	23/04/2021	Agir	

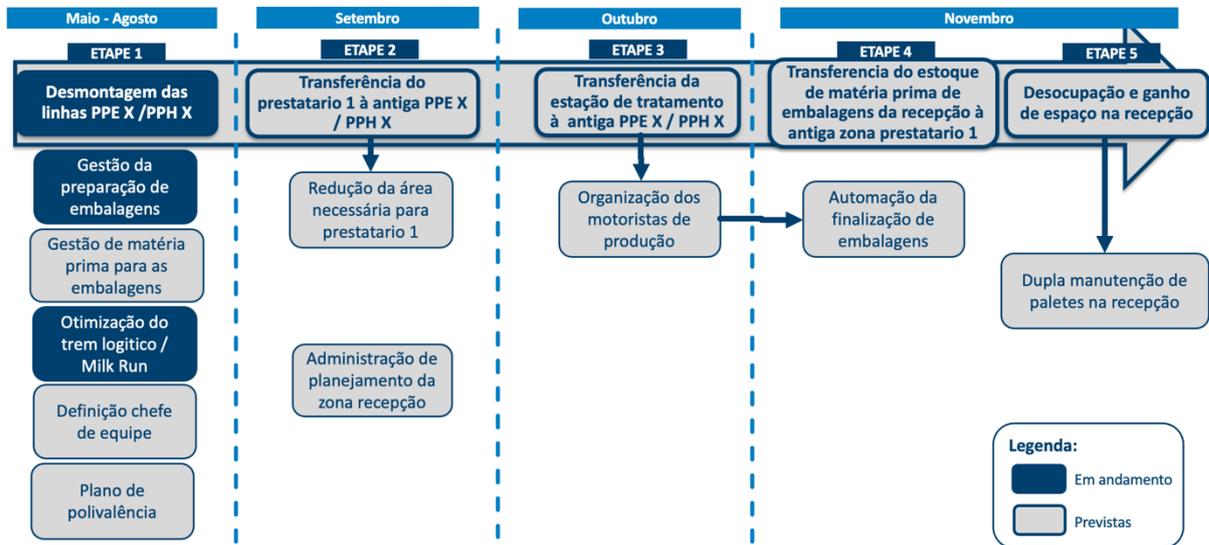
Fonte: Elaborado pela autora.

A Figura 24 mostra o plano de ação retrabalhado, agora com mais detalhes, responsáveis e prazos mais precisos. Durante a etapa de controle, a equipe deve conduzir a implementação do projeto seguindo esse método.

Uma boa parte das iniciativas envolvem uma mudança no layout da empresa. Uma velha linha de produção que encerrou suas atividades em abril será desmontada para dar espaço

para as zonas do provedor 1 e a estação de tratamento do trem. Essa mudança desencadeará uma série de outras ações em cadeia, uma após a outra. Por isso, foi criado um cenário que apresenta essa sequência de ações de forma visual no tempo.

Figura 25– Cenário do projeto.



Fonte: Elaborado pela autora.

Com essa mudança, a distância da estação de trem, que antes era 180 metros da produção e da zona do provedor 1 160 metros, passam a ser 60 metros. Utilizando o mesmo cálculo na etapa *measure*, os ganhos estimados de carga são de 5%, reduzindo, portanto, os desperdícios de transporte. Uma vez que essas zonas estiverem no novo local, um espaço será liberado ao lado da zona de embalagem. Com isso, o estoque de matéria prima, que hoje fica na recepção, poderá ser realocado para perto do ponto de consumo. Consequentemente a recepção também terá um espaço livre, permitindo a ampliação dessa zona e a redução dos desperdícios de movimentação ligados ao manuseio duplo de paletes.

As ações a partir de julho ficarão sob a responsabilidade do gerente de operações da DEF, acompanhado por um funcionário da XYZ. Com estas alterações, espera-se o objetivo de aumentar a produtividade em 30%, com um ganho calculado de € 247.701,00 / ano. Além disso, o contrato foi reajustado com indicadores KPI atualizados.

### 4.3 DISCUSSÃO

A grande questão da implementação dessa metodologia na logística interna foi a profundidade e clareza da análise. Esse método permitiu ter uma visão holística sobre as atividades e manter o foco sobre os problemas mais importantes e que quando resolvidos trarão mais resultados. A definição do problema e dos objetivos do projeto com a equipe é uma etapa fundamental, pois foi o que direcionou todas as etapas seguintes (GUTIERREZ et al., 2016). Visto que a empresa tinha uma necessidade de analisar o fluxo completo das atividades, o projeto teve esse caráter nas suas análises. Entretanto, caso o direcionamento fosse o estudo de uma área específica e resolver o problema em uma das atividades, estima-se que a etapa definir também seria efetiva, caso a visão do cliente fosse bem definida.

O DMAIC exige uma análise baseada em fatos e dados. A partir da quantificação desses problemas, fica evidente quais devem ser as áreas de atuação para resolver o problema. (MIJAJLEVSKI, 2013). Neste caso, a fase medir consistiu essencialmente na carga do trabalho e somente algumas ferramentas estatísticas foram usadas. As demais ferramentas estatísticas apresentadas na maioria dos projetos (PILLET, 2004) não foram muito exploradas, pois não houve necessidade.

Comumente, a aplicação do DMAIC inicia-se com a análise de dados já existem que dão origem e caracterizam o problema. Em seguida, a fase medir consiste em certificar-se que esses dados são válidos e representativos a partir de alguns testes estatísticos. Também são criadas hipóteses sobre o problema que serão validadas ou refutadas na etapa analisar. Entretanto, ao passo que a produção é cada vez mais automatizada e permite essa coleta de dados, o mesmo não acontece com a logística. Nesse estudo de campo, não existiam dados iniciais na etapa medir que guiaram todas as etapas seguintes e por isso a metodologia teve que ser adaptada. O essencial nesse trabalho foi o uso do conceito das etapas do DMAIC e a orientação do projeto através dessa lógica, que permitiu a obtenção de resultados significativos e engajamento da equipe. Portanto, a metodologia se mostrou suficientemente completa e o uso de mais recursos estatísticos vai depender da natureza do problema. A medida que os setores de logística forem automatizados e tiverem uma coleta de dados em tempo real, as empresas poderão iniciar o projeto com dados reais sobre a situação atual.

Quanto à redução dos desperdícios de logística, a metodologia se mostrou efetiva como sugere a literatura (GULTOM; WIBISONO, 2019; GUTIERREZ et al., 2013; GOLDSBY; MARTICHENKO, 2005). Através da aplicação das ações sugeridas espera-se aumentar a produtividade em até 30%. Vale ressaltar que esse cálculo é feito considerando o

layout atual da empresa. Ou seja, quando as iniciativas de aproximar as zonas estação de tratamento e provedor 1 forem implementadas, o potencial é ainda maior.

Sobre a influência do projeto na redução dos desperdícios, os resultados também foram positivos. O resultado mais significativo foi em Transporte, assim como para Santos e Araújo (2018). A categoria que trata do fluxo do provedor 1 representa 8% da carga total de trabalho. Com as ações propostas na iniciativa de reduzir esse fluxo, consegue-se reduzir em até 5%. Dessa porcentagem, 2% são os ganhos obtidos reduzindo a distância da zona, enquanto os outros 3% vêm da redução da quantidade de paletes que passam por pelo provedor 1. Além disso, estima-se também o ganho de 1% com a aproximação da estação de tratamento do trem para perto da zona de produção

Já sobre o Tempo, foi possível observar que grande parte das causas principais são organizacionais. Falta na empresa uma gestão eficiente do fluxo, que evite viagens desnecessárias e reduza o tempo de espera para realizar certas atividades. A iniciativa de organização dos motoristas de produção visa contemplar a maior parte desses problemas. Esses dois desperdícios, mais frequentes nesse estudo de caso, vão ao encontro do estudo proposto por de Carvalho et al. (2017). Entretanto, outros desperdícios também foram abordados nesse trabalho.

Outro desperdício fortemente impactado é o estoque em excesso e o espaço. Com a melhor gestão da matéria prima das embalagens e de sua preparação, a zona pode reduzir até 30% do seu tamanho. Esse espaço livre será ocupado pela matéria prima, que antes estava localizada na recepção. Consequentemente o desperdício de movimento para buscar a matéria prima também será reduzido. O espaço que antes era usado para estocar a matéria prima de embalagens, servirá para expandir a zona de recepção. Esta zona carecia de espaço para descarregar o caminhão dos fornecedores e muitas vezes acontece de os motoristas terem que colocar os paletes em um ponto intermediário, para depois reorganizarem ele na zona. Com espaço suficiente para arranjar os paletes na doca de recepção, também será possível reduzir o desperdício de movimentação dessa zona.

Ressalta-se que a característica desse trabalho foi ligeiramente diferente daqueles encontrados na literatura. Como mencionado no segundo capítulo, a grande maioria dos trabalhos fala sobre aplicações do DMAIC na produção (DRAMOWICZ; CYPLIK, 2018) e somente alguns já exploraram essa metodologia na logística interna (GUTIERREZ et al., 2016; MIJAJLEVSKI, 2013). Esses aplicados à logística tiveram o objetivo de resolver um problema

mais específico e aplicar ferramentas do *lean*. No caso desse trabalho, o DMAIC foi usado para a análise global e proposições de solução adaptadas a realidade encontrada.

## 5 CONCLUSÃO

Este tópico traz as considerações finais do trabalho em duas seções: atingimento dos objetivos propostos inicialmente e limitações e sugestões para futuras pesquisas.

### 5.1 ATINGIMENTO DOS OBJETIVOS

Este trabalho foi realizado com o objetivo de analisar o impacto da implementação do método DMAIC na redução dos desperdícios da logística. Para identificar o cumprimento ou não desse objetivo principal, foram definidos quatro objetivos específicos.

Primeiramente, buscou-se identificar métodos de aplicação do Lean Seis Sigma, realizado no segundo capítulo. O DMAIC foi identificado como a metodologia apropriada para esse estudo de caso. Ainda nesse capítulo os desperdícios do lean e da logística foram identificados segundo diversos autores (TORTORELLA et al., 2021; GOLDSBY; MARTICHENKO, 2005). O próximo objetivo, de aplicar o método identificado DMAIC em um estudo de campo, foi realizado com sucesso. O capítulo três apresentou a metodologia de estudo junto do método de aplicação. Já no capítulo quatro, foi possível apresentar os resultados da obtidos e a descrição de todas as cinco etapas do DMAIC, que nem sempre é possível devido à limitação de tempo ou natureza do projeto (GUTIERREZ et al., 2016). Por isso, julga-se que o estudo de campo foi efetivo. Por último, a partir de uma análise de tudo o que foi encontrado, o objetivo de analisar o potencial do método na redução dos desperdícios de logística foi atingido e discutido no final do capítulo quatro.

Além disso, considera-se que esse trabalho também cumpriu com o objetivo de contribuir para a literatura. Poucos são os trabalhos que apresentam o resultado desse método no contexto de logística e esse trabalho contribui para essa área de pesquisa, pois relata o seu potencial em obter resultados e serve de exemplo para aplicação.

### 5.2 LIMITAÇÕES E FUTURAS PESQUISAS

Ainda que os objetivos específicos do estudo tenham sido alcançados, o trabalho apresenta algumas limitações. Com base nelas, podem ser listadas oportunidades e sugestões para pesquisas futuras.

Esse trabalho discute a aplicação da metodologia em apenas um estudo de campo. Para inferir que o método DMAIC é realmente efetivo na redução dos desperdícios seria interessante replicar o estudo em duas ou mais empresas e fazer uma análise comparativa entre alguns fatores como: a natureza do problema, o tipo de empresa, o tipo de produto e tipologia produtiva, a forma de aplicação de cada uma das cinco etapas e claro, os resultados encontrados

e os desperdícios reduzidos. Dessa forma, novos casos terão uma base mais robusta para reaplicação do DMAIC.

Além disso, esse estudo de campo foi realizado em uma empresa francesa e que já tinha uma maturidade da filosofia *lean* elevada com uma área de melhoria contínua dedicada e sólida. Sugere-se para trabalhos futuros replicar esses estudos em outros países, com culturas de trabalho diferentes da francesa, a fim de avaliar efeitos contextuais e culturais na aplicação do método e seus resultados.

No mais, sugere-se para trabalhos futuros buscar outros métodos do *lean seis sigma* que podem ter um grande impacto na redução dos desperdícios da logística e compará-los com os resultados encontrados nesse trabalho. Dessa forma poderá-se reforçar ou questionar a efetividade do DMAIC para resolver desperdícios da logística interna.

Para concluir, outras pesquisas podem buscar métodos que venham de outras iniciativas de melhoria contínua ou de otimização de fluxo, a fim de validar a eficácia da metodologia Lean Seis Sigma para resolver problemas dessa natureza.

## REFERÊNCIAS

- ALI, S. M. *et al.* Barriers to lean six sigma implementations in the supply chain: An ISM model. **Computers & Industrial Engineering**, [s.l.], v. 149, 2020
- ALVES, J. K.; DOS SANTOS, A. P. Logística lean para redução dos efeitos da variação da demanda no abastecimento de linhas de produção. **Revista Perspectivas Contemporâneas**, v. 8, n. 1, p. 53-66, 2013.
- ARTHUR J. **Lean Six Sigma Demystified: A Self Teaching Guide**. United States of America: McGraw Hill, 2007. 321p.
- BALLOU, R. H. **Gerenciamento Da Cadeia De Suprimentos/Logística Empresarial**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 616p.
- BAUDIN, M. **Lean Logistics: The nuts and bolts of Delivering Materials and Goods**. New York: Productivity Press, 2004. 379p.
- BENNETT, B.; SUTHERLAND, J. **The Seven Deadly Wastes of Logistics: Applying Toyota Production System Principles to Create Logistics Value**, [s.l.], Lehigh University Center for Value Chain Research, 2007.
- BOUZON, M. *et al.* Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP. **Resources, Conservation and Recycling**, [s.l.], v. 108, p. 182-197, 2016.
- CAUCHICK MIGUEL, P. A. **Metodologia de pesquisa para engenharia de produção e gestão de operações**. 2ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011. 280p.
- CHAN KIM, W.; MAUBORGNE, R. **A Estratégia do oceano azul: Como criar novos mercados e tornar a concorrência irrelevante**. 1ed. São Paulo: Elsevier, 2005. 264p.
- CHRISTOPHER, M. **Logistics & Supply Chain Management**. 5ed. Nova Jersey: FT Press, 2016. 328p.
- DE CARVALHO E. R. *et al.* The Current Context of Lean and Six Sigma Logistics Applications In Literature: A Systematic Review. **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, p. 586-602, 2017.
- DE LEEUW, S.; GUTIERREZ, L.; DUBBERS, R. An Integrative Model for Lean Six Sigma Implementation in Logistics Services Environments. **Review of Economics and Business Literature**, [s.l.], v. 58, n. 3, p. 211-230, 2013.
- DE SOUSA, T. B.; MARCHIZELLI, L. C.; TAROCO, D. Aplicação da metodologia seis sigma em uma indústria alimentícia: um estudo de caso. Simpósio De Engenharia De Produção, 19, Bauru, 2012. **Anais [...]**. Bauru, 2021.

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada: um guia para entender o sistema de produção mais poderoso do mundo**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.178p.

DRAMOWICZ, M.; CYPLIK, P. Application of The Aggregated DMAIC-PDCA Method – Case Study. **Applied Mathematics, Mechanics, and Engineering**, v. 61, Issue Special, 2018.

DROSTE M; DEUSE J. A Planning Approach for In-plant Milk Run Processes to Optimize Material Provision in Assembly Systems. International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production, 4, Montreal, Canada, 2011. **Anais [...]**, Montreal, CARV, 2011.

FATHURRAHMAN, K.; HAKIMM, M. I. Improving the Loading and Unloading Process Efficiency with Lean Manufacturing Approach using Value Stream Mapping in Jakarta. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 1003, 2020. **Anais [...]**, ICI\_ME, 2020.

FOLLMANN, N. **Modelo de maturidade logística para empresas industriais de grande porte**. 2012. Tese (Doutorado) – Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

Fortune (2021) COVID exposed global supply-chain flaws. Can Biden bring manufacturing back to the U.S.? April 23, 2021, [https:// https://fortune.com/2021/04/23/covid-global-supply-chain-biden-manufacturing-us-reshoring-jobs/](https://fortune.com/2021/04/23/covid-global-supply-chain-biden-manufacturing-us-reshoring-jobs/) Accessed May 4, 2021.

GIL, A. C. Métodos e técnicas da pesquisa **social**. 6. ed. São Paulo: Editora Atlas SA, 2008. 216p.

GOLDSBY, T.; MARTICHENKO, R. **Lean Six Sigma Logistics**. 1.ed. Boca Raton: J Ross Publishing, 2005. 271p.

GULTOM, G. D. P.; WIBISONO, E. A framework for the impact of lean six sigma on supply chain performance in manufacturing companies. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 528, 2019. **Anais [...]**. ISIEM, 2018

GUTIERREZ, L.; DE LEEUW, S.; DUBBERS, R. Logistics services and Lean Six Sigma implementation: a case study. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 7, n. 3, p. 324-342, 2016.

HENNY, H.; ANDRIANA, I.; LATIFAH, A. N.; HARYANTO, H. The Application Lean Six Sigma Method Approach to Minimize Waste. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 662, 2019. **Anais [...]**.

HOSSEINI, S.; IVANOV, D.; DOLGUI, A. Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, v. 125, p. 285-307, 2019.

JUNIOR; CARDOSO. Lean Seis Sigma na Logística - Aplicação na Gestão dos Estoques em uma Empresa de Autopeças. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 8, Resende, 2011. **Anais [...]**. Resende: SEGeT, 2011.

KARLIN, J. N. **Defining the lean logistics learning enterprise: Examples from Toyota's North American supply chain**. 2004. 214 f. Tese (Doutorado) - Industrial and Operations Engineering, University of Michigan, Ann Arbor, 2004.

LIKER, J. **O modelo toyota de produção**. São Paulo: Bookman, 2004. 307p.

LINDERMANN, K.; SCHROEDER, R. G.; CHOO, A. S. Six Sigma: The role of goals in improvement teams. **Journal of Operations Management**, v. 24, p.779-790, 2005.

MIJAJLEVSKI, A. The Six Sigma Dmaic Methodology in Logistics. **Logistics International Conference**, 1, Belgrade, 2013. **Anais [227]**. Belgrade: LOGIC, 2013.

NISHIDA, L. **Logística Lean: conceitos básicos**. Disponível em: <[https://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo\\_41.pdf](https://www.lean.org.br/comunidade/artigos/pdf/artigo_41.pdf)>, acesso em 01 Maio 2021, 14:06:00.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da Produção em Larga Escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997, 149 p.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and other top companies are Honing Their Performance**. The United States of America: McGraw Hill, 2004. 415p.

PILLET, M. **Six Sigma: Comment l'appliquer**. Paris: Editions d'Organisation, 2004. 472p.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando Fluxo Contínuo - um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2002. 103p.

RAMOS F. V. *et al.* Gestão de projetos através do DMAIC. **Seis Sigma Coletânea de Artigos**, v. 1, n. 5, p. 51-58, 2017.

RAHMAN, N. A. A.; SHARIF, S. M.; ESA, M. M. Lean Manufacturing Case Study with Kanban System Implementation. **Procedia Economics and Finance**, v. 7, p. 175-180, 2013.

RECHULSKI, D. K.; DE CARVALHO, M. M. Programas de Qualidade Seis Sigma: Características Distintivas dos Modelos DMAIC e DFSS. **Produção em Iniciação Científica da Escola Politécnica da USP**, n. 2, 2004.

SALAH, S.; RAHIM, A.; CARRETERO, J. A. The integration of Lean Six Sigma and Lean Management. **International Journal of Lean Six Sigma**, [s.l.], v. 1, n. 3, p. 249-274, 2010.

SANTOS, P. V. S.; ARAUJO, M. A. Aplicação de Ferramentas Lean no setor de Logística: um estudo de caso. **Revista Gestão em Análise**, v. 7, n. 2, p. 168-183, 2018.

SATOLO E. G. *et al.* Techniques and tools of lean production: multiple case studies in brazilian agribusiness units. **Gestão & Produção**, v. 27, n. 1, 2020.

SILVA, E. L. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. rev. atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

SOPADANG, A.; WICHAISRI, S.; SEKHARI, A. The Conceptual Framework of Lean Sustainable Logistics. International conference on transportation and logistics, 6, Malaysia, 2014. **Anais [...]**. Malaysia: ICLT, 2014.

SOUSA, S.; ANTUNES, D. Lean Six Sigma in internal logistics: A case study. IAENG Transactions on Engineering Sciences, 2014.

SU, C. T.; CHIANG, T. L.; CHANG, C. M. Improving service quality by capitalising on an integrated Lean Six Sigma methodology. **International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage**, v. 2, n. 1, 2006.

TORTORELLA, G. L. *et al.* A Fuzzy Maturity-Based Method for Lean Supply Chain Management Assessment. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 12, 2021.

TUBINO, D. **Manufatura enxuta como estratégia de produção**: a chave para a produtividade industrial. São Paulo: Atlas, 2015.

VILDA, F. G.; YAGUE-FABRA, J. A.; TORRENTS, A. S. An in-plant milk-run design method for improving surface occupation and optimizing mizusumashi work time. **CIRP Annals**, v. 69, n. 1, p. 405-408, 2020.

WOMACK J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade Enxuta nas Empresas**. 6ed. São Paulo: CAMPUS, 2004. 392p.

XU, S.; ZHANG, X.; FENG, L.; YANG, W. Disruption risks in supply chain management: a literature review based on bibliometric analysis. **International Journal of Production Research**, 2020.