



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
NÚCLEO DE TÉCNOLOGIA  
CURSO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

GUSTAVO LIRA ROTTA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NO RESSUPRIMENTO DE UMA  
FÁBRICA DE BISCOITOS**

Caruaru

2019

GUSTAVO LIRA ROTTA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NO RESSUPRIMENTO DE UMA  
FÁBRICA DE BISCOITOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

**Orientador:** Profº. Dr. Thalles Vitelli Garcez.

Caruaru

2019

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Paula Silva - CRB/4 - 1223

R851a Rotta, Gustavo Lira.  
Aplicação da metodologia DMAIC no ressurgimento de uma fábrica de biscoitos. /  
Gustavo Lira Rotta. - 2019.  
56 f.; il.: 30 cm.

Orientador: Thalles Vitelli Garcez.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de  
Pernambuco, CAA, Engenharia de Produção, 2019.  
Inclui Referências.

1. Planejamento da produção – Pernambuco. 2.. Seis Sigma. 3. Controle de produção  
- Pernambuco. 4. Biscoitos – Indústria - Pernambuco. I. Garcez, Thalles Vitelli  
(Orientador). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2019-288)

GUSTAVO LIRA ROTTA

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC NO RESSUPRIMENTO DE UMA  
FÁBRICA DE BISCOITOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Aprovada em: 09 / 12 / 2019

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profº. Dr. Thalles Vitelli Garcez (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profº. Dr. Renata Maciel de Melo (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Profº. Dr. Helder Tenório Cavalcanti (Examinador Externo)  
Universidade Federal de Pernambuco

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço principalmente aos meus pais por me apoiarem durante toda minha trajetória e por me proporcionarem tudo que foi necessário para o meu desenvolvimento, desde o nascimento até os dias de hoje.

Agradeço à minha namorada por ser a pessoa que mais esteve ao meu lado durante minha graduação, trazer tranquilidade nesse período conturbado, por me aturar nos momentos difíceis e me obrigar a estudar quando eu não aguentava mais.

Agradeço aos meus amigos por todos os bons momentos que construímos ao longo da graduação e agradeço principalmente pelo apoio nos momentos difíceis que me incentivaram a alcançar esse grande sonho.

Agradeço aos professores, aqueles que são muito além de sua profissão, aqueles que estão sempre dispostos a auxiliar a todos em qualquer situação e constantemente inspiram a mim e outros discentes. Em especial, agradeço ao meu orientador, que acreditou no meu potencial e me proporcionou esse trabalho final.

Agradeço à minha gata pela companhia nos meus solitários dias de estudo.

Agradeço à UFPE por me proporcionar um ambiente saudável de convivência e a oportunidade de conhecer todas as pessoas que de alguma forma auxiliaram para o meu desenvolvimento como ser humano.

## RESUMO

A área de Planejamento e Controle de Produção (PCP) exige uma capacidade rápida para lidar com os problemas do dia a dia fabril. Uma de suas atribuições e objeto do presente estudo é o processo de ressuprimento das linhas de produção de uma fábrica de biscoitos, que possui grandes dificuldades e um alto lead time. Portanto, acompanhar esse processo diariamente é essencial para a organização. Neste contexto, foi utilizado o método DMAIC para identificação das causas mais influentes no longo tempo de ressuprimento conjuntamente com suas causas raízes a fim de organizar um plano de melhoria para este processo com baixo custo de implementação, as ferramentas de apoio relacionadas ao DMAIC que auxiliaram o presente trabalho foram adequadas a realidade da organização e ao problema encontrado. Por fim, o trabalho conseguiu estruturar de forma simples e assertiva a aplicação da metodologia até a etapa de implementação, introduzir a importância dos conceitos de Seis Sigma para os colaboradores e gerar um plano de ação com baixo custo de implementação à organização.

Palavras-chave: DMAIC. Seis sigma. Ressuprimento. Planejamento e controle da produção.

## **ABSTRACT**

The Planning and Production Control (PCP) area requires a quick ability to deal with everyday manufacturing problems. One of these PCP attributions and object of the present study is the process of replenishing the factory production lines, which has difficulties and a high lead time. Therefore, being aware of any problems that may incorporate this process should be a daily commitment of all those responsible for this department. In this context, DMAIC method was used to identify the most influential causes in the lead time together with its root causes, in order to organize an improvement plan for this process with low cost implementation, DMAIC-related support tools used in this present paper were appropriate to the reality of the organization and the problem encountered. This paper was able to structure the application of the methodology in an assertive simple way until the implementation stage, introduce the importance of Six Sigma concepts to employees and generate an action plan with low implementation cost to the organization.

**Keywords:** DMAIC. Six sigma. Planning and production control. Replenishment.

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Nível de defeito para um desvio de $6\sigma$ .....	18
Quadro 2 - Comparação entre as medidas atuais e a metodologia $6\sigma$ .....	19
Quadro 3 - Descrição do Método DMAIC .....	27
Quadro 4 - Cronograma de Atividades.....	31
Quadro 5 - Matriz SIPOC.....	33
Quadro 6 - Definição de Indicadores .....	35
Quadro 7 - Mapeamento do Processo.....	36
Quadro 8 - Plano de Ação Para Coleta de Tempos.....	38
Quadro 9 - Lista de Problemáticas .....	42
Quadro 10 - Lista de Problemáticas Priorizadas .....	45
Quadro 11 - Lista de Soluções .....	45
Quadro 12 - Definição de Prazos .....	48

## LISTA DE SIGLAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BPF	Boas Práticas de Fabricação
CEP	Controle Estatístico do Processo
COPQ	Cost of Poor Quality
CPK	Índice Capacidade Processo
DFSS	Design for <i>Six</i> Sigma
DMADV	Define, Measure, Analise, Design, Verify
DMAIC	Define, Measure, Analise, Implement, Control
DOE	Design of Experiments
DPMO	Defeitos por Milhão oportunidade
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
KPI	Key Performance Indicator
PCP	Planejamento e Controle da Produção
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers
TQM	Total Quality Management

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>10</b>
1.1	OBJETIVO GERAL .....	12
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
1.3	JUSTIFICATIVA .....	12
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO .....	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
2.1	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO (PCP) .....	14
2.2	GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL .....	15
2.3	SEIS SIGMA .....	17
2.3.1	<i>As Medidas Para O Desenvolvimento Do Projeto Seis Sigma .....</i>	<i>19</i>
2.3.2	<i>A Implementação Do Programa Seis Sigma .....</i>	<i>20</i>
2.4	METODOLOGIA DMAIC E SUAS FERRAMENTAS DE APOIO .....	22
2.4.1	<i>Etapa da Definição (D) .....</i>	<i>23</i>
2.4.2	<i>Etapa da Medição (M) .....</i>	<i>24</i>
2.4.3	<i>Etapa de Análise (A) .....</i>	<i>25</i>
2.4.4	<i>Etapa de Implementação (I) .....</i>	<i>25</i>
2.4.5	<i>Etapa de Controle (C) .....</i>	<i>26</i>
<b>3</b>	<b>METODOLÓGIA .....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS .....</b>	<b>29</b>
4.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA DO ESTUDO DE CASO .....	29
4.2	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA .....	29
4.3	O PROCESSO DE DEFINIÇÃO .....	31
4.4	O PROCESSO DE MEDIÇÃO .....	36
4.5	O PROCESSO DE ANÁLISE .....	41
4.6	O PROCESSO DE IMPLEMENTAÇÃO .....	45
4.7	CONSIDERAÇÕES SOBRE O DMAIC .....	51
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>52</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>54</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ambiente competitivo do mercado atual está exigindo constantemente mais empresas diferenciáveis frente às suas concorrentes. Essa busca incessante pela diferenciação, normalmente, traz benefícios para a organização em produtos/serviços, aumenta a necessidade das organizações em buscar novas ideias, ferramentas e metodologias que possam ser incorporados dentro do seu ambiente produtivo e que possam proporcionar respostas rápidas, custos mais adequados, atendimento assertivo e que acompanhe as necessidades impostas pelos clientes. Todos esses fatores serão incorporados para fomentar eficiência ao processo e garantir qualidade.

Assim, para Laugeni e Martins (2013), aspirando atender assertivamente as necessidades dos clientes, as empresas são forçadas a buscar melhorias em seus processos a partir da identificação de falhas, desperdícios e problemas que possam trazer complicações à produção e que impeçam o surgimento de um negócio lucrativo e promissor.

O surgimento da construção de melhorias para os métodos de produção começou com Frederick W. Taylor, no fim do século XIX, a partir dos estudos de tempos e movimentos (CORRÊA & CORRÊA, 2004). Ainda, segundo os autores, Taylor foi o precursor na demonstração da necessidade de construir um novo olhar para os processos produtivos e como o melhoramento desses processos podem ser altamente lucrativos para organização.

No mesmo compasso, Henry Ford, na busca do melhoramento para a fabricação do seu novo modelo automotivo Model T 1908, revolucionou a capacidade produtiva com o incremento de melhorias no processo de produção, como: a intercambialidade e facilitação no processo de montagem de peças, redução de exigências de movimentos e ações dos colaboradores e a criação da linha de montagem em movimento (PASCAL, 2008). O autor ainda relata que essas inovações e melhorias dentro do processo de produção impulsionou a Ford ao topo empresarial no início daquele século, com 2 milhões de carros produzidos em seu auge e uma redução real no preço final do produto em dois terços.

Nos anos 60, novos processos de melhorias foram inseridos aos sistemas de produção e procuravam garantir eficiência e qualidade. Dentre eles, o sistema de Produção Enxuta que foi impulsionador para o crescimento da Toyota Motor Company, que estava diante de uma crise sem precedentes advinda com os problemas do pós-guerra (LAUGENI & MARTINS, 2013). O sistema Toyota não só contribuiu para o crescimento financeiro da Toyota, como revolucionou a forma de lidar com o ambiente de produção, com a criação de conceitos como: just-in-time, células de produção, Kaizen (Melhoria contínua), engenharia simultânea,

consorcio modular entre outros conceitos que são organizados e adaptados para diversos ambientes produtivos (PASCAL, 2008).

Outra ferramenta que moldou os modos de perseguir a qualidade e a eficiência dentro dos processos de produção foi a filosofia Lean Six Sigma, desenvolvida pela Motorola e que desempenhava a busca na redução das falhas de um produto durante o seu processo de manufatura (ANTONY & BANUELAS, 2002).

Para Figueiredo (2006), a filosofia Six Sigma é um processo metodológico que possibilita às empresas em fomentar crescimento lucrativo a partir da otimização dos processos e operações, da melhoria de qualidade e na eliminação de falhas, erros e defeitos. O Seis Sigma está interessado em aumentar a lucratividade da organização, tendo por objetivo a melhoria da qualidade dos seus processos e conseqüentemente dos seus produtos e/ou serviços.

Uma das metodologias que incorporam a filosofia Seis Sigma e é recurso do trabalho aqui desenvolvido é a metodologia DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve e Control*). “O DMAIC é mais caracterizado pelo seu potencial de solução de problemas por assegurar a redução na taxa de defeitos e falhas nos produtos, serviços e processos” (SANTOS; MARTINS, 2003). O DMAIC pode ser definido como um processo sistêmico que está baseado em fatos que irão compor uma estrutura gerencial de projetos que serão orientados a melhoria e a construção dos bons resultados de eficiência e qualidade (SOKOVIC, PAVELETIC e PIPAN, 2012).

A utilização da metodologia DMAIC com outras ferramentas de melhoria contínua é frequentemente encontrada na literatura (SERVIN; SANTOS; GOHR, 2012). Todos esses estudos organizam o processo metodológico na busca de soluções que possam ser aplicadas em contextos reais, principalmente em processos que possam ser replicados e adaptados a situações do cotidiano produtivo.

Nesse contexto, de encontrar soluções que possam incrementar a lucratividade empresarial, a redução de custos e fomentar qualidade total para problemas do setor de planejamento e controle de produção, o presente estudo se debruça a aplicação da metodologia DMAIC na organização de soluções viáveis dentro de um setor de Planejamento e Controle de Produção (PCP), mais especificamente o processo de ressuprimento fabril.

O processo de ressuprimento se traduz em um trabalho que se organiza para garantir que a matéria prima esteja na área da produção no momento de sua utilização, nas quantidades corretas. Assim, estar atento aos possíveis erros que possam acometer o processo de ressuprimento é um trabalho que deve ser realizado de forma diária pelos gestores e colaboradores do setor do PCP.

## 1.1 Objetivo Geral

Identificar soluções assertivas utilizando a ferramenta DMAIC para melhoria do gerenciamento do ressuprimento da fábrica.

## 1.2 Objetivos Específicos

- Elaborar um plano de ação com baixo custo de implementação para mitigar os efeitos das causas raiz encontradas;
- Criar cultura de melhoria contínua dentro da organização;
- Aumentar a eficiência e controle do processo de ressuprimento da fábrica;
- Apresentar a importância e os conceitos básicos sobre o Seis Sigma para a organização;

## 1.3 Justificativa

As atividades de melhoria sempre tiveram resistência dentro da fábrica estudada. Muito disso influenciado pelo discurso de “não se mexe no que está funcionando”. Esse discurso afeta negativamente a empresa, pois ignora problemas que podem não ser relevantes a curto prazo, porém acarretam prejuízos significativos ao longo prazo.

A motivação para evitar a implementação da melhoria sempre remete aos custos excessivos que as ferramentas de melhorias carregam, além da percepção equivocada de que o uso de processos de melhoria não traz resultados reais para a organização e consome tempo dos colaboradores.

Assim, quando se observa um setor de produção a partir da ótica técnica, não é difícil a identificação de problemas nitidamente nocivos à saúde financeira da empresa. Portanto, é necessário que o gestor interessado em utilizar ferramentas de melhorias se aproprie de métodos que possam ser de baixo custo, efetivos e que tragam resultados visíveis e mensuráveis para o setor.

A ferramenta DMAIC enquadra-se no escopo de método adaptável pelo baixo custo; efetividade e a capacidade de obtenção de resultados mensuráveis (DUARTE, 2011).

Portanto, ao se aplicar uma ferramenta de gerenciamento de variabilidade dos processos, como a ferramenta DMAIC, não apenas se está preocupado em resolver problemas referentes ao processo de produção, mas induzir procedimentos que possam trazer melhorias para todo o sistema e para os colaboradores, trazendo a mitigação de problemas a partir de um processo confiável, direto e com resultados palpáveis.

Portanto, justifica-se a escolha do DMAIC para melhorar o ressuprimento pela robustez da ferramenta, pela abrangência que a ferramenta é capaz de alcançar e pelos custos que não são altos para implementação da ferramenta aqui descrita.

#### **1.4 Estrutura do Trabalho**

O trabalho foi estruturado de forma ordenada e objetiva em 5 etapas, sendo abordado de acordo com a breve descrição abaixo:

- Capítulo 1: Introdução – Trazer conceitos iniciais importantes ao leitor a respeito da importância da melhoria contínua e da metodologia DMAIC, assim como o ambiente em que o trabalho foi executado, suas principais contribuições e motivações;
- Capítulo 2: Fundamentação Teórica – Aprofundar os principais temas utilizados neste estudo com foco na implementação do DMAIC;
- Capítulo 3: Metodologia – Detalhar as particularidades deste trabalho em relação à aplicação do DMAIC listando as ferramentas utilizadas ao longo do projeto com o objetivo de cada uma;
- Capítulo 4: Estudo de caso – Estabelecer a empresa e o problema enfrentado, assim como expor toda a aplicação do método DMAIC, desde sua fase de Definição, até a etapa de Implementação, que foi a última etapa alcançada pelo estudo.
- Capítulo 5: Conclusão – Explicar resultados e conclusões acerca do estudo, seguida de sugestões para futuros trabalhos e limitações encontradas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordadas as bases teóricas que dão sustentação ao trabalho aqui realizado. Para isso, inicia-se a discussão – tópico 2.1 - sobre as definições e abrangências relacionadas ao Planejamento e Controle de Produção. Sequencialmente – tópico 2.2 – discute-se o conceito sobre a Gestão da Qualidade Total (TQM) e suas relações com o PCP. No tópico 2.3 há a discussão sobre a ferramenta Seis Sigma e toda a suas bases de ação. Posteriormente – tópico 2.4 – discute as medidas para o desenvolvimento Seis Sigma e, por fim, comenta-se a implementação do processo Seis Sigma a partir da ferramenta DMAIC – tópico 2.5.

### 2.1 Planejamento e Controle da Produção (PCP)

Para garantir que os prazos e as metas estabelecidas e organizadas pela alta gerência sejam alcançados é necessário seguir procedimentos preestabelecidos e que devem ser organizados para que todas as atividades sejam metricamente realizadas, de forma a garantir padronização e estabilidade ao processo de produção. É sobre essa organização que sustenta a definição de Planejamento e Controle de Produção (PCP). Slack et al. (2009, p. 246) define PCP como “gerenciar as atividades da operação produtiva de modo a satisfazer continuamente a demanda dos consumidores”.

Para Russomano (2000), o PCP é um processo funcional que visa oferecer procedimentos de apoio para que as diversas atividades do setor de produção sejam realizadas e consigam atingir o plano de produção que foi previamente estabelecido, assim garantindo que os prazos e as quantidades necessárias para atender as necessidades dos clientes foram respeitadas. Bonney (2000) acrescenta que a função PCP é direcionada para garantir a detecção efetiva das exigências do processo produtivo em qual está estabelecido. Aqui, sugere-se a assertividade no direcionamento dos recursos empresariais para garantir eficiência produtiva.

Três características temporais são fundamentais para estabelecer que métricas que são utilizadas para a construção do PCP (SLACK et. al, 2009):

- a) horizonte de planejamento a longo prazo – aqui são estabelecidos uma coordenação em torno do planejamento em seu nível macro, são estabelecidos os objetivos que serão perseguidos pela organização, os orçamentos previstos para o ciclo planejado, com suas metas em relação as receitas os custos previstos e os recursos que serão utilizados para garantir a efetivação dos objetivos ressalta-se que nesse nível de planejamento não detalhamento de cada atividade que será organizada;

- b) horizonte de planejamento a médio prazo – começa-se a realizar um nível de detalhamento um pouco maior nessa etapa temporal. Nesse nível são desagregados a demanda e há uma estruturação de um plano contingencial; e,
- c) horizonte de curto prazo – alterações do planejamento se tornam difíceis de ser colocadas em prática, pois nesse nível desse planejamento todos os recursos (humanos e materiais) já foram alocados e estão realizando suas atividades operacionais, é nessa fase que todo o procedimento avaliativo da demanda está desagregado.

Na mesma perspectiva defendida por Slack et al (2009), Tubino (1997) defende a divisão do PCP em níveis em um horizonte de planejamento de atividades que devem ser organizadas no manejo produtivo, para o autor existem os níveis:

- a) estratégico – Aqui são realizados os posicionamentos da organização diante da sua perspectiva em frente ao mercado, todos as atividades planejadas nesse nível, desemborca no Plano de Produção;
- b) tático – no nível tático, a organização se orienta em um médio prazo, nessa etapa do PCP são definidos um planejamento mestre para a produção; e,
- c) operacional – nesta etapa, que está relacionada com o horizonte de curto prazo, as atividades são organizadas para que a produção toque suas metas dia-a-dia, aqui são organizados os sequenciamentos, administração produtiva de insumos e estoques.

Esses níveis precisam estar organizados em ambiente harmonioso e em que a comunicação seja fluida para garantir a estabilidade produtiva necessária para um sistema de produção saudável.

## **2.2 Gestão da Qualidade Total**

Não existe uma única terminologia para a definição da qualidade. O conceito sobre o termo irá depender para qual seguimento a organização irá focar. Com essa dificuldade de se ter uma definição abrangente sobre o que seria qualidade, tem-se o reflexo dentro das organizações acerca de como ela irão entender o conceito e aplicá-los a suas necessidades empresariais (GARVIB, 2002).

Nas diversas formas de se encontrar uma definição mais apurada sobre a qualidade, diversos autores propuseram visões diferenciadas a cerca do tema. Para Crosby (1979), defendia a ideia de que não havia a necessidade da produção se preocupar com as questões

subjetivas que eram intrínsecas ao conceito de qualidade, como a satisfação percebida do cliente. Portanto, bastava apenas se ater ao atendimento dos requisitos especificados do produto – a satisfação estaria diretamente ligada a competência no atendimento de tais requisitos. Já para Deming (1986), a qualidade era percebida pela percepção que o cliente atribuía a determinado produto. Portanto, o produto pode respeitar todos os requisitos técnicos estabelecidos ao produto e ser vendido a um preço adequado e, mesmo assim, não ser “valorizado” pelo cliente.

Há quem defenda a conceitualização da qualidade como a adequação do uso (JURAM, 1989). Desse modo, as necessidades do cliente deveriam ser traduzidas em especificações e inseridas dentro do processo de produção do produto.

Araújo (2007) defende a necessidade de perceber a qualidade como a busca da perfeição do produto ou serviço. Defende que o crescente aumento das exigências do cliente e do aumento da percepção do seu papel diante do mercado competitivo, aqui a demonstrabilidade da necessidade de observar a qualidade, na sua gerência total, como um fator essencial para o alcance da vantagem competitiva no mercado.

A evolução da qualidade até desemborcar no que definimos atualmente como Gestão da Qualidade Total, perpassou por quatro estágios ou eras (GARVIB, 2002):

- a) era da inspeção – aqui se estabelece a necessidade da qualidade da inspeção a partir do surgimento da produção em massa. Nesse período se buscava inspecionar todos os produtos para que o número de produtos avariados que chegassem ao domínio dos clientes fossem o menor possível. Portanto, várias métricas para qualidade foram desenvolvidas para garantir um acompanhamento racional das medidas;
- b) era do controle estatístico da qualidade – período onde o aprimoramento estatístico foi desenvolvido. Nesse período houve o boom da produção e cada vez se tornava inviável a inspeção um-a-um dos produtos. Foi nessa era que conceitos como zero defeitos, engenharia da confiabilidade e controle total da qualidade foram desenvolvidos;
- c) era da garantia da qualidade – Nesse estágio histórico a qualidade tomou uma importância mais abrangente, deixando de ser uma parte apenas do processo de conformidade do produto para agir de forma mais geral sobre as questões da percepção do como a qualidade era percebida dentro e fora da empresa; e,
- d) era da Gestão Total da Qualidade – A atual etapa evolutiva, em que se estabelece uma nova visão sobre o comportamento das empresas com relação a qualidade. Aqui se organizou o conceito de gerenciamento total para compor um ganho

competitivo empresarial, a partir do desenvolvimento de projetos que pudessem promover a melhoria contínua e trazer a eficiência produtiva para a organização.

Assim, a Gestão da Qualidade Total está relacionada na busca pela satisfação, não apenas na realização das necessidades dos clientes, mas de todos os envolvidos na manutenção da existência da organização (GODOI et al. 2009). Portanto, para garantir o total funcionamento de um sistema de qualidade efetiva, é necessário adotar um sistema que direcione toda a organização na busca por essa qualidade.

### 2.3 Seis Sigma

Pinto & Carvalho (2006) estabelecem na definição de Seis Sigma como uma estratégia gerencial, que se organiza na melhoria dos processos, serviços ou produtos da empresa que serão direcionados para a satisfação plena do cliente.

O Seis Sigma pode ser organizado em 03 fases de evolução (BEPPU, 2004):

1. “fazer certo” – que está relacionado no desenvolvimento da assertividade da qualidade dos processos, produtos e serviços;
2. “fazer certo da primeira vez” – uma compressão da influência da prevenção do erro;
3. “fazer certo da primeira vez com o menor custo” – o desenvolvimento total da melhoria dentro dos sistemas do controle da qualidade.

Pande et. al (2001), na perspectiva de aumentar a abordagem sobre o conceito do Seis Sigma, o definiu com um sistema organizacional flexível, abrangente e que fomentasse a sustentabilidade do sucesso empresarial. Desse modo, o Seis Sigma estaria sendo utilizado para o aumento e melhoria da produtividade, retenção de clientes, mudança cultural, a mitigação de erros operacionais e a redução dos custos da organização.

Um dos marcos do Seis Sigma foi o uso de ferramentas estatísticas atreladas as necessidades da melhoria e gestão da qualidade produtiva da organização. Logo, estava estabelecido o uso sistemático de ferramentas que pudessem formalizar uma base de dados para o uso da assertividade organizacional. Além do entendimento apurado da variabilidade do processo para a percepção de onde e como agir para a fomentação das melhorias (CARVALHO; PALADINI, 2005).

A origem do sistema Seis Sigma é direcionada a MOTOROLA, na década de 80. A empresa tinha por objetivo a redução de falhas dos produtos. No primeiro momento se estabelecia na contagem dos produtos defeituosos e no gerenciamento da variação do número

de erros, conjuntamente com a implementação de melhoria sistêmica de todos os processos (BEPPU, 2004).

Para Barney (2002), o Seis Sigma tem por origem a organização de medidas qualitativas para estabelecer soluções de problemas de qualidade, mas com a inserção de outras ferramentas e atividades passou a englobar a melhoria geral de todo o processo de negócio da empresa.

Seis Sigma é uma técnica avançada que serve de base para acompanhar as melhorias dentro da organização (SHAHIN, 2008). Ainda segundo o autor, apesar de ser usada normalmente para medir defeitos de fabricação, algumas empresas estenderam o conceito para satisfação do cliente. Uma importante iniciativa do Seis Sigma é combinar diferentes ferramentas de gerenciamento para lidar com o problema (CAUCHICK; CONFORTINI; PINHEIRO, 2008).

O termo Seis Sigma se estabelece como a representação estatística do nível de variabilidade de um processo, ou promover a adequação de um processo para sua especificação desejada (SHAHIN, 2008). Para Rotondaro et al. (2008, p.18), “o termo sigma mede a capacidade do processo em trabalhar livre de falhas”.

Portanto, para caracterizar um processo como tendo um desempenho Seis Sigma é necessário que a média da população esteja centrada no valor especificado nominalmente e os limites especificados devem estar 6 desvios padrões da média da população (HILSDORF, 2002).

Para Usevinicius (2009), define-se defeito como uma característica que pode ser mensurada de um processo ou de um resultado que não é (ou será) aceito pelo cliente, linhas gerais, a definição de defeito se estende para características que não impendem o atendimento das expectativas e das necessidades do cliente – não conformidades ou não especificações. Nas definições estatísticas, um processo que se estabelece em classificação  $6\sigma$  estará se organizando em defeitos relatados a cada bilhão de operações executadas (Quadro 1).

Quadro 1 – Nível de defeito para um desvio de  $6\sigma$

<b>Nível Sigma</b>	
<b>Defeito por milhão</b>	<b>Nível Sigma</b>
308.537	2
66.807	3
6.210	4
233	5
3,4	6

Fonte: Adaptado Rath e Strong (2001)

Harry (2000) relata que há uma dificuldade em se manter um processo em sua centralização desejada, já que quando se observa o processo em períodos longos no horizonte ele tende a computar deslocamentos dos valores especificados.

Outro fator que deve ficar claro é o forte controle em um processo Seis Sigma. Tal processo estabelece uma rigidez muito maior para se obter resultados. Scatolin (2005) deixa claro que ao se observar o processo no curto prazo, fica evidente a sua centralidade nos limites especificados, já para um processo de longo prazo as médias se deslocam, que geralmente são  $1,5\sigma$  dos limites, o percentual de especificações que estarão dentro dos limites gira em torno de 99,999%. Esses limites são denominados LIE: Limite Inferior de Especificação e LSE: Limite superior de Especificação (Quadro 2). Assim, espera-se se encontrar, em qualquer processo, um valor de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), o que sustenta a equivalência de 99,99966% de valores dentro dos limites de especificação.

O processo Seis Sigma pode ser relatado na prática a partir da comparabilidade entre os padrões atuais que estão padronizados em  $3\sigma$  ou  $4\sigma$  (99,38% de conformidade) com o padrão  $6\sigma$ , conforme mostrado no Quadro 2 (WERKEMA, 2004).

Assim, observa-se que o Seis Sigma pode ser usado para atuar em diferentes frentes empresariais, que vai desde Benchmarking até os parâmetros de comparabilidades de processos, operações e produtos (WILSON, 1999). É também organizado como uma meta de qualidade que deve ser perseguida (SCATOLIN, 2006).

Quadro 2 – Comparação entre as medidas atuais e a metodologia  $6\sigma$

<b>Comparação da conformidade entre os padrões atuais e a ferramenta <math>6\sigma</math></b>	
<b><math>3\sigma</math> ou <math>4\sigma</math></b>	<b><math>6\sigma</math></b>
<b>99,38% de conformidade</b>	99,99966% de conformidade
<b>Sete horas de falta de energia elétrica por mês</b>	Uma hora de falta de energia elétrica por mês
<b>5 mil operações cirúrgicas incorretas por semana</b>	1,7 operação cirúrgica incorreta por semana
<b>3 mil cartas extraviadas a cada 300 mil cartas postadas</b>	Uma carta extraviada a cada 300 mil cartas postadas
<b>Quinze minutos de fornecimento de água NÃO potável por dia</b>	Um minuto de fornecimento de água NÃO potável a cada 7 meses

Fonte: adaptado WERKEMA (2004)

### 2.3.1 As medidas para o desenvolvimento do projeto Seis Sigma

O principal objetivo dos projetos elaborados a partir da ferramenta Seis Sigma nunca são resultados financeiros. No entanto, ressalta-se que a aplicação de um projeto que se aproprie da ferramenta sempre trará redução de custos e elevação de lucro. Ter nível de operação é seguir as bases mundiais do desenvolvimento industrial de operações.

Baseado no que descreve Rudisill (2004), pode-se definir as métricas usuais para o desenvolvimento de um projeto Seis Sigma em:

- a) DPMO (Defeitos por Milhão de Oportunidades – número de defeitos multiplicado por 1.000.000 dividido pelo número de unidades multiplicado pelo número de oportunidades por unidade;
- b) Cpk – caracterizado como a distância média do processo e o limite mais próximo de especificação dividido por  $3\sigma$  (onde  $\sigma$  é a representação simbólica para o desvio padrão do processo em estudo);
- c) COPQ (Custo de Baixa Qualidade) – representa a porcentagem de vendas ou custos da baixa qualidade que estão associados com os desperdícios, retrabalho ou perdas;
- d) Nivelamento Sigma – representação numérica do desvio padrão entre a média do processo e o Limite de Especificação mais próximo da média.

### 2.3.2 A Implementação do Programa Seis Sigma

A aplicabilidade de um procedimento Seis Sigma irá depender da capacidade gerencial da empresa em fornecer todo o aparato técnico e de recursos para a boa gestão organizacional dos procedimentos de melhoria que o projeto irá exigir. A alta gerência irá desempenhar um papel fundamental nesse processo, já que caberá a ela organizar e assegurar o comprometimento de todos os setores da empresa (SILVA et al, 2018).

Outro fator que deve ser observado é a mudança cultural da empresa, pois, muito provavelmente, haverá necessidades de mudanças no comportamento do grupo diante de desafio que antes não eram percebidos ou eram simplesmente ignorados (SILVA et al, 2018).

Na inicialização de um projeto Seis Sigma são verificados todos os setores da empresa na busca pelas oportunidades e orientações de resultados e melhorias. Baseado nas argumentações de Figueiredo (2006) são elencados seis passos para a implementação assertiva do Seis Sigma:

1. A inicialização da melhoria empresarial se dá a partir da alta gerência – nesse ponto é necessário a descrição de todos os princípios, ferramentas e diretrizes para levar a organização a o sucesso da execução do projeto;
2. Implementação de um sistema de comunicação assertivo – é necessário que todos os envolvidos com o projeto estejam próximos e cientes de suas responsabilidades, por isso faz-se necessário organizar mecanismos que mitigue os ruídos da comunicação, tornando-a fluída e organizada por todos os setores e auxiliando na aquisição de dados avaliativos e informação;
3. Treinamento para todos os colaboradores – o treinamento serve para a organização corrigir lacunas educacionais que possam influenciar negativamente o andar da operação. Esse procedimento auxiliará os profissionais a se apropriarem das nomenclaturas típicas de um projeto Seis Sigma;
4. Estruturação de processos que facilitem a melhoria contínua – a construção de métodos que facilitem as metas estratégicas do projeto, a construção de indicadores de desempenho e de métricas de avaliação. Todos esses pontos auxiliam na construção de planos contínuos de melhoria;
5. Seleção e gerenciamento assertivo de projetos – a capacidade de selecionar e gerenciar um bom projeto diminui os custos e impede a utilização desnecessária do tempo empresarial;
6. A execução do projeto pelos colaboradores – Han (2002) descreve que o projeto Seis Sigma deve ser executado pelos próprios funcionários da organização. Esses funcionários são liderados por equipes divididas em faixas descritas por: *black belts* (faixa preta), *green belts* (faixa verdes) e *white belts* (faixas brancas) que são treinados para aplicar o Seis Sigma, identificando as fases e as ferramentas que devem ser orientadas em cada etapa da execução do projeto.

O método de implantação do projeto Seis Sigma segue uma sequência lógica de etapas que necessitam ser seguidas para a assertividade da implementação. Assim, Silva et al. (2018) descreve que todas as etapas devem ser verificadas para que avaliações do desempenho do processo sejam levantados e organizados para garantir uma sequência lógica de aplicação das melhorias necessárias e que direcionem a organização na assertividade de aplicação do Seis Sigma.

Outro ponto que deve ser observado é que para garantir resultados coerentes e assertivos na aplicação de um projeto Seis Sigma é necessário entender bem todos os

mecanismos que formam a base gerencial do projeto (SILVA et. al, 2018). Portanto, defendem que o primeiro ponto a ser perseguido é a compreensão dos Controles Estatísticos da Qualidade, que são utilizados em análises do desempenho dos requisitos do produto e/ou serviço que foram definidos pelos clientes. Tal atributo será aceito se for um processo articulado ou requisito passível de capacidade de mensuração e permitir especificação de tolerância (FIGUEREIDO, 2006).

Outro fator essencial para o bom desenvolvimento do Seis Sigma é a escolha dos métodos auxiliares do processo de implementação, Silva et. al (2018, p. 254) relata dois exemplos, tais:

[...] M/PCpS (*Machine/Process Characterization Study*), que é o estudo da caracterização e otimização de processos, visando eliminar a perda de tempo e dinheiro; DMAIC, que tem como iniciais - *Define* (Definir), *Measure* (medir), *Analyse* (analisar), *Improve* (melhorar) e *Control* (controlar); DFSS (*Design for Six Sigma*); DMADV (Definir, Medir, Analisar, Desenhar e Verificar), dentre outros métodos.

Saliente-se que o método mais utilizado pelos diferentes gestores empresariais e por equipes Seis Sigma é o método DMAIC, que título de análise do presente estudo.

## 2.4 Metodologia DMAIC e suas ferramentas de apoio

A metodologia DMAIC surge como ferramenta de auxílio do Seis Sigma e que é utilizada como ferramenta de condução para o projeto. A metodologia se distingue por oferecer procedimentos bem estruturados, rigorosos e disciplinados para alcançar a melhoria do processo (SILVA et al, 2018).

Para Rath e Strong (2001), DMAIC é um acróstico que se denomina em Definir – Medir – Analisar – Implementar – Controlar e é utilizado para fornecer subsídios para colocar processos em patamares organizacionais de excelência.

A metodologia pode ser pensada como um processo de afunilamento, que vai organizando a partir de um grande arcabouço de oportunidades e, gradativamente, vai se aprofundando nas definições reais e necessárias para os projetos – é especificar os objetivos que se esperam primeiramente alcançar (LYNCH, 2003).

O modelo DMAIC é um modelo que se organiza a partir de 5 fases que fomentará as necessidades de aplicação de um projeto com abordagem Seis Sigma. O DMAIC tem como base a definição e estruturação dos problemas e as situações que serão melhoradas, a obtenção das informações e dados pertinentes a melhoria, a análise de informação coletada, a melhoria em si dos processos escolhidos, controle e avaliação (SANTOS; MARTINS, 2003).

#### *2.4.1 Etapa da Definição (D)*

Nesta etapa, o problema ou os problemas que serão escolhidos para a aplicação das melhorias devem ser definidos de forma mais clara possível (WERKEMA, 2004). O objetivo da etapa de definição do problema é encontrar as dificuldades no processo que impendem a satisfação das expectativas do cliente nos quesitos qualidade, prazos de entrega e preços (DUARTE, 2011).

Duarte (2011) deixa claro que os clientes são considerados aqueles que estão diretamente relacionados com a organização e serão afetados se a qualidade do produto ou serviço for inferior ao desejado. Assim, competência da organização em atender as expectativas dos usuários diretos da empresa está ligado intrinsecamente a variabilidade dos processos.

É nesta etapa que são priorizados os problemas que primeiro irão ser trabalhados. Assim, é necessário fundar o plano estratégico da organização e definir quais são as ameaças e oportunidades do ambiente externo que estão ligados ao desenvolvimento organizacional e quais são as forças e as fraquezas da organização (MOREIRA et al, 2004). Deve ficar claro todas as justificativas com relação ao processo que será melhorado, tanto a partir do levantamento histórico do processo em questão, quanto o grau de melhoramento esperado do processo, juntamente com os custos inerentes dessa melhoria.

É necessário também definir quais são as metas que serão perseguidas pela empresa, que podem ser um maior aumento nos investimentos, a redução nos números de defeitos de um determinado produto, melhoria da qualidade do produto final, acurácia da previsibilidade da demanda, entre outros objetivos estratégicos que irão nortear as ações do projeto Seis Sigma (DUARTE, 2011).

Para Scatolin (2005), outro ponto importante desta etapa é a formação da equipe que irá ser responsável pela implementação do projeto, além da capacidade de gerenciamento das informações que serão usadas durante a execução e posteriormente no processo de avaliação e controle.

Duarte (2011), deixa claro também, que a inicialização do projeto se dá a partir do contrato do projeto – que se caracteriza em um contrato organizado pelas equipes de gerenciamento, comando da empresa e a equipe de execução Seis Sigma. Neste contrato haverá as informações mais imediatas à execução das atividades, como o nome do projeto, as responsabilidades, equipe, benefícios, impactos, escopo, cronograma, métricas, entre outros.

Para Werkema (2004), o ponto de vista do cliente é essencial para construir as premissas básicas do desenvolvimento das atividades do projeto Seis Sigma. Essas informações são essenciais para direcionar o projeto para o caminho da assertividade.

Outra questão que deve estar diante do processo de definição do projeto que será realizado pela equipe é a viabilidade (DONADEL, 2008). Aqui haverá uma análise dos riscos inerentes a implementação do projeto, das questões sobre sua capacidade de alcance, entre outras questões.

#### *2.4.2 Etapa da Medição (M)*

A etapa da medição se caracteriza pela descrição detalhada do foco do problema. Aqui se espera especificar os problemas críticos em seu ponto de acontecimento (MOREIRA et al, 2004).

A inicialização desta etapa se dar a partir da aquisição de dados primários fornecidos pela organização ou pela coleta de dados a partir da observação do processo foco do programa de melhoria (AGUAR, 2006). O autor ainda sugere a necessidade de se construir mecanismos para realizar e avaliar as medições e as inspeções que fomentarão todo o conhecimento do problema que será exposto e resolvido.

Para Donadel (2008), esta etapa está totalmente fundada nos fatores que podem ser controlados. Tal controle se fundamenta na capacidade de organizar os registros e os dados e na observação das possíveis interferências do processo. Para o autor supracitado, os fatores que não podem ser controlados serão colocados em conta apenas na etapa de análise e irá ser utilizado como justificativa para a causa raiz, caso os fatores controláveis não sejam capazes de fornecer tais respostas.

Compreendido os problemas primários são realizadas análises de seus desdobramentos. São organizadas explorações para descrição e compreensão dos dados e de suas variáveis – estudos da variabilidade do processo poderá fornecer um quadro da sensibilidade e assimilação da melhoria proposta (WERKEMA, 2004).

Outra questão que deve ser colocada em perspectiva é a confiabilidade das informações adquiridas nos processos medidos, no geral, é a capacidade de produzir e repetir várias vezes o mesmo sistema de medição (DONADEL, 2008). No quesito repetição está se observando a consistência do instrumento medidor, já uma capacidade de produção grande indica que o instrumento pode ser reproduzido por diferentes interlocutores e, muito provavelmente, obterá resultados semelhantes. Assim, para o mesmo autor, o planejamento e a

escolha do instrumento de medição serão essenciais para definir o sucesso ou fracasso do projeto Seis Sigma.

### **2.4.3 Etapa de Análise (A)**

Nesta etapa as questões fundamentais são as causas raiz do problema que está sobre a análise. Aqui são utilizadas ferramentas da qualidade e da estatística para que as causas sejam entendidas da forma mais clara possível (WERKEMA, 2004). Causas claras e as causas não tão pujantes e que influenciam os resultados do processo são determinadas e, a partir delas, são perseguidas suas fontes de variabilidade (DUARTE, 2011).

É necessário a observação do processo como um todo. Aqui serão identificadas as prioridades e a compreensão do fluxo de atividades para que as oportunidades de melhoria se tornem claras para a equipe de execução do projeto (WERKEMA, 2004). Nesta etapa, espera-se que as potenciais causas do problema sejam elencadas. Assim, a partir da organização dessas causas, pode ser organizado uma diagramação de causa e efeito (DUARTE, 2011). O autor supracitado sugere um brainstorming para organizar os resultados mais adequados para expor no diagrama. Portanto, a de esperar uma priorização, a partir da mensuração dos problemas, das causas mais influentes.

### **2.4.4 Etapa de Implementação (I)**

O principal objetivo da etapa é a geração de ideias para as melhorias que serão aplicadas no processo (DUARTE, 2011). Nesta etapa serão organizados os ajustes do processo e o método para a sua implementação. Ao se promover mecanismos para coleta de informações sobre a satisfação dos clientes, além de realizar coleta e análise de dados do desempenho dos processos, organiza-se um arcabouço de possíveis melhorias que podem ser indicadas para a equipe de execução do projeto Seis Sigma (WERKEMA, 2004).

Santos (2006) sustenta que é nesta etapa que as fórmulas para a intervenção e mitigação dos níveis de defeitos dos processos são construídas. Portanto, é necessário promover a garantia da melhoria do processo e associar a partir de soluções que sejam capazes de eliminar e prevenir a ocorrências de problemas.

Cleto e Quitério (2011) ainda direcionam que nesta fase será realizado o projeto piloto, com a implementação de um teste prático, plano detalhado para que a execução das soluções seja ampla e assertiva na utilização dos recursos empregados, preparação de treinamento

operacional, modificação de parâmetros de qualidade, se necessário e modificação de normas e instrumentos de trabalho e padronização.

As ferramentas indicadas para esta etapa são 5W2H, Brainstorming, DOE, FMEA, entre outras ferramentas que fazem alusão a identificação das etapas do planejamento que deve ser seguido e o que se espera obter (WERKEMA, 2013).

#### **2.4.5 Etapa de Controle (C)**

Nesta fase se faz necessário o controle dos processos existente, aplica-se medições para que haja monitoramento do andamento das atividades e dos processos, além de incorrer em capacidade de responder rapidamente quando da necessidade de ações corretivas, ou promover ações preventivas de forma a diminuir os erros dos processos (DUARTE, 2011).

O que espera que ocorra na etapa de controle são modificações sistemáticas que promovam melhorias nas estruturas e nos processos. Toda essa transformação deve vir com uma equipe com capacidade técnica de organização para agir de forma rápida contra eventuais problemas, além de ser capaz de promover uma leitura assertiva dos parâmetros e dados de desempenho (DUARTE, 2011).

Cleto e Quitério (2011) sustentam que nesta etapa são realizados a confirmação da melhoria implementada nos processos, se houve e em que grau aconteceu a resolubilidade da problemática descrita, a comparabilidade entre custo-benefício dos processos implementados, quais alterações necessárias para a implementação das novas técnicas da execução das atividades (recursos), além da organização de auditorias e do monitoramento contínuo do desempenho. Histogramas e CEP são as ferramentas direcionadas para a etapa aqui descrita.

### 3 METODOLOGIA

Para realização do trabalho aqui exposto e baseado no alcance dos objetivos relatados no projeto supracitado, foi organizado um programa de pesquisa exploratório para que os processos, que são atividades chaves para a aplicação da metodologia DMAIC, pudessem ser conhecidos, conjuntamente com uma observação participante, visto que o responsável por este trabalho fez parte da equipe de projeto. Além disso, a pesquisa aqui realizada teve o caráter quantitativa, conjuntamente com a aplicação de uma pesquisa-ação, dado que o pesquisador em questão propõe métricas para a melhoria do processo, além da diminuição da variabilidade dos erros do mesmo processo, a partir das ferramentas que compõe a metodologia DMAIC.

Para Serva (1995) a observação participante ocorre em uma situação de pesquisa onde observador e observados partilham das atividades e interesses do estudo, em que o processo da coleta de dados se dá no próprio ambiente natural dos observados com a interação do observador, que deve manter sua isenção científica às características do grupo.

Com o objetivo de compreender a definição da metodologia de pesquisa-ação, Kemmis e Mc. Taggart (1988), traduz que o objetivo cerne da pesquisa-ação é fomentar uma investigação baseada na autorreflexão do que é entendido por um coletivo social específico a fim de inferir melhorias racionais aos objetos que estão sendo parte do estudo em questão.

Os procedimentos específicos do trabalho em questão seguiram as seguintes etapas: a) Definição do Problema; b) Coleta dos dados; c) Análise dos dados; e) Indicação de melhorias; f) Conclusões.

Com o apoio da equipe montada na etapa de Definição foram-se direcionados todo o trabalho para levantar uma lista de possível objetivos a serem implementados para o alcance das melhorias que foram propostas a partir do estudo do caso.

Ao que se descreve sobre a metodologia DMAIC são apontados e descritos a estruturação das etapas de trabalho que foram as ferramentas metodológicas do estudo aqui descrito. O quadro 3 direciona o processo metodológico descrito em cada etapa da ferramenta. Assim, descreve-se a sequência lógica organizada para a aplicabilidade da metodologia. As ferramentas foram definidas ao longo da execução do projeto baseado nos problemas encontrados pela equipe do projeto.

Quadro 3 – Descrição do método DMAIC

	<b>Entrada</b>	<b>Atividade</b>	<b>Ferramenta</b>	<b>Saída</b>
<b>Definir</b>	Dados Históricos Alta variabilidade Incertezas a demanda.	Definir responsáveis e prazos; Entender o problema; Expectativas esperadas.	Brainstorming Análise de gráficos SIPOC Fluxograma	Cronograma Equipe montada Definição de Meta Indicadores

	Longo lead time.			
<b>Medir</b>	Cronograma Equipe montada Voz do Cliente SIPOC	Definição dos processos Coleta diária dos tempos dos processos Priorização.	Mapa de Processos 5W1H Diagrama de Pareto	Delimitação dos processos a serem melhorados
<b>Analisar</b>	Processos delimitados	Identificar causas da variabilidade Identificar longos tempos. Definir melhorias	Brainstorming Diagrama de Árvore	Causas Raiz Problemas priorizados
<b>Implementar</b>	Causas Raízes	Encontrar soluções e definir um plano de ação	Brainstorming 5W1H	Plano de Ação Gerado
<b>Controlar</b>	N/A	N/A	N/A	N/A

*Fonte: Autor (2019)*

O processo de aplicação do DMAIC para a empresa foi organizado e aplicado no período de 3 meses (julho a outubro/2019). Além disso os dados históricos não eram conhecidos pela organização, necessitando da coleta dos dados históricos durante um período de 3 semanas, realizada antes do projeto, para comprovar aos gestores a necessidade dele.

## 4 ESTUDO DE CASO – APLICAÇÃO E ANÁLISE

### 4.1 Descrição da Empresa do estudo de caso

A empresa estudada é uma indústria que produz biscoitos, familiar com muita tradição e com crescimento constante, possui alta variedade de produtos localizada no interior de Pernambuco. Ela é uma indústria de grande porte que distribui seus produtos para muitos estados do Brasil e, recentemente, passou por um processo de expansão na qual implantou-se uma nova fábrica no terreno ao lado da matriz, que será denominada ao longo do trabalho de Fábrica II (F2).

A matriz segue o BPF (Boas Práticas de Fabricação regulada pela ANVISA) de forma rígida. Além do BPF, a Fábrica II deverá seguir as normas da ISO 22000.

Ainda, a Fábrica II é muito dependente da Fábrica I por não haver setores exclusivos a ela; tais como: o PCP, almoxarifado, logística e outros setores administrativos, que estão localizados na Fábrica I e são responsáveis por processos que ocorrem dentro da Fábrica II.

### 4.2 Descrição do Problema

O ressuprimento da Fábrica II possuía lead time elevado e com a previsão de aumento da produção tornava-se inviável manter o processo da forma estática. Foi feito um acompanhamento ao longo de 18 dias, precedente ao início do projeto, com os horários de término do processo mostrado no gráfico 1:



Fonte: Autor (2019)

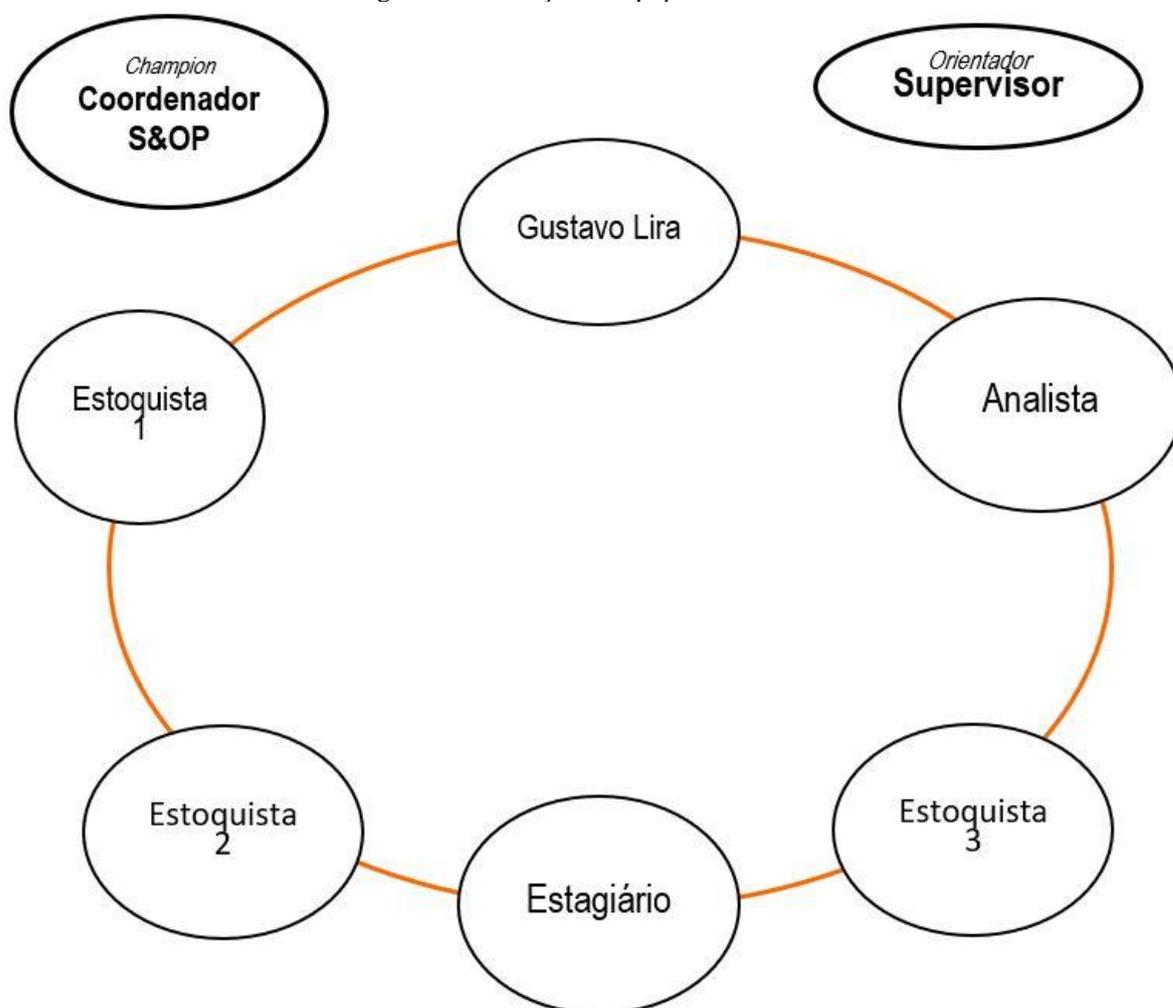
O fim de expediente dos colaboradores responsáveis pelo ressuprimento era 17 horas, o que gerava muita apreensão de todos os interessados do processo em momentos que a tarefa finalizava muito próximo às 17 horas. Outro fator importante é o alto índice de reclamação dos

estoquistas por diversos motivos como excesso de trabalho, fadiga, falta de comunicação e a cobrança para entregar os materiais no local correto o mais rápido possível, além de relatos da produção com relação a falta de insumos e a desorganização do local.

É estimado pelos responsáveis de produção em conjunto com o PCP que serão necessários 2 caminhões de matéria prima por dia, enquanto o processo atual necessitava apenas 1, o que gera muita preocupação do PCP em relação ao atendimento de seu cliente interno.

A partir de então, foi organizada a equipe de execução Seis Sigma, formada majoritariamente pelos membros do PCP divididos em: 01 líder de projeto, 01 supervisor, 03 estoquistas e 02 estagiários e 01 analista, totalizando 07 profissionais selecionados para implementação, conforme demonstrada na Figura 1.

Figura 1 – Definição da equipe do DMAIC



Fonte: Autor (2019)

Observa-se que foi direcionada para o coordenador a responsabilidade de direcionar os procedimentos de execução do trabalho de todos os participantes. Cabendo ao coordenador

tomar a decisão final sobre as ações ou mesmo sobre paradas necessárias com relação ao projeto proposto. Outro participante importante do corpo executivo é a do supervisor do projeto, que tem por atributo direcionar a equipe e observar a execução do trabalho em sua operacionalidade. Além de orientar correções pontuais de execução.

### 4.3 O processo de Definição

Assim, para a inicialização do processo de aplicação do DMAIC, metodologia ligada ao Seis Sigma, fez-se necessário justificar a necessidade da aplicação do projeto de melhoria de ressurgimento da Fábrica II. A justificativa foi defendida (ver seção 1.3) conjuntamente em reunião de brainstorming com toda a equipe do estudo. Desta reunião, foi promovida a seleção das tarefas a serem realizadas que foram organizadas como atividades (vide Quadro 3) que deveriam ser seguidas para se chegar ao objetivo especificado e usadas no alcance da melhoria esperada.

Quadro 4 – Cronograma de atividades

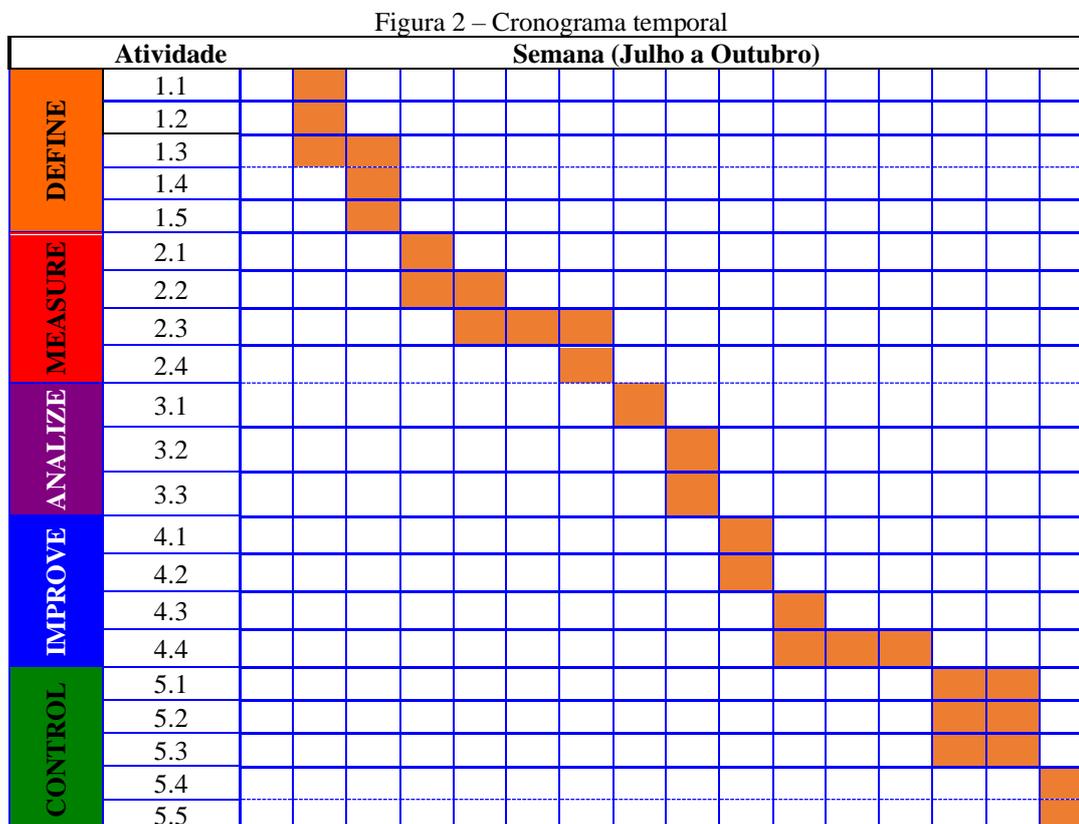
Atividade	
DEFINE	1.1 Justificar escolha do problema
	1.2 Definição do problema
	1.3 Histórico do problema, definição da lacuna e meta
	1.4 Definição da equipe do projeto
	1.5 Definição do cronograma de trabalho
MEASURE	2.1 Definição da forma de estratificação para o problema
	2.2 Avaliação da existência de dados confiáveis para focar o problema
	2.3 Coleta novos dados para estratificação
	2.4 Estratificação e identificação dos problemas prioritários
ANALYZE	3.1 Brainstorming das causas influentes de cada problema prioritário
	3.2 Agrupamento de causas similares
	3.3 Identificação da causa raiz / Diagrama de Arvore
IMPROVE	4.1 Proposição de soluções para as causas raízes
	4.2 Priorização das soluções dos problemas prioritários
	4.3 Elaborar o plano de ação (5W1H)
	4.4 Execução do plano ação
CONTROL	5.1 Verificação do Alcance da Meta (antes x depois)
	5.2 Elaboração novos padrões/alteração padrões existentes
	5.3 Transmissão dos Novos Padrões a Todos os Envolvidos
	5.4 Monitoramento da Performance do Processo
	5.5 Reflexão do aprendizado e recomendações de trabalhos futuros

Fonte: Autor (2019)

Assim, foram selecionadas 24 atividades sequenciais para a aplicabilidade do DMAIC (06 para definir - 04 para mensuração – 04 para análise – 04 para implementação – 06 para controle). Todas atividades forma organizadas em consonância com as diretrizes defendidas pelos responsáveis do PCP.

A partir da seleção das atividades, um cronograma de execução foi proposto e aprovado (vide Figura 2), primeiramente pela equipe Seis Sigma, posteriormente pelo

coordenador do projeto. Ressalta-se também que, durante a aplicação da ferramenta, não houve atrasos na execução metodológica do cronograma, porém o projeto só alcançou a atividade 4.3, ou seja, foi elaborado o plano de ação com soluções que minimizam as problemáticas priorizadas.



Fonte: Autor (2019)

O cronograma foi organizado de modo a ser executado semanalmente e em períodos específicos. Uma avaliação da equipe deveria indicar se os pontos de cada atividade estavam ou não sendo cumpridos e, caso não estivessem, quais caminhos deveriam ser tomados para reorganização das tarefas.

Assim, o processo de definição tomava nortes gerenciais de aplicação. Deste norteamento, foram-se organizadas as metas a serem perseguidas pela equipe, bem como os principais interessados pela melhoria do ressurgimento da Fábrica II.

Essas metas foram alcançadas a partir da observação do processo de entradas e saídas que definiam o objeto de estudo. Assim, a fim de se organizar essa observação, a ferramenta SIPOC (Suppliers - Inputs - Process - Outputs - Customers) foi usada como auxílio para verificação dessas etapas que compunham o ressurgimento da Fábrica II (Quadro 5).

Portanto, a partir da aplicação da ferramenta se observou de forma clara o comportamento do processo designado ao ressuprimento, com suas entradas, cliente, insumos, saídas e fornecedores.

Quadro 5 – Matriz SIPOC

<b>S</b>	<b>I</b>	<b>P</b>	<b>O</b>	<b>C</b>
<i>Suppliers</i>	<i>Inputs</i>	<i>Process</i>	<i>Outputs</i>	<i>Customers</i>
<b>Fornecedores</b>	<b>Insumos</b>	<b>Processo</b>	<b>Produtos</b>	<b>Clientes</b>
Estoque F2	Matérias Primas	Realizar Contagem	Relatório de quantidades de material	PCP
PCP	Contagem Estoque	Realizar pedido de material	Pedido enviado ao armazém	Almoxarifado
Almoxarifado	Caminhao disponível. Solicitação de pedido	Separação do pedido / Carregamento do caminhão	Caminhão carregado	Logística
Logística	Caminhao carregado	Transporte para F2	Caminhão na doca da F2	PCP
PCP	Pessoas disponíveis. – Patinha	Descarregar Caminhão / Transporte	Caminhão descarregado / Insumo no local correto	Estoque F2

Fonte: Autor (2019)

Assim, sob a ótica da análise do SIPOC, a equipe de execução identificou todas as etapas necessárias para a execução do ressuprimento da Fábrica II. Do SIPOC tem as etapas descritas em: a) realizar contagem; b) realizar pedido de material; c) separação do pedido/carregamento do caminhão; d) transporte para a Fábrica II (F2); e) descarregar caminhão/transporte.

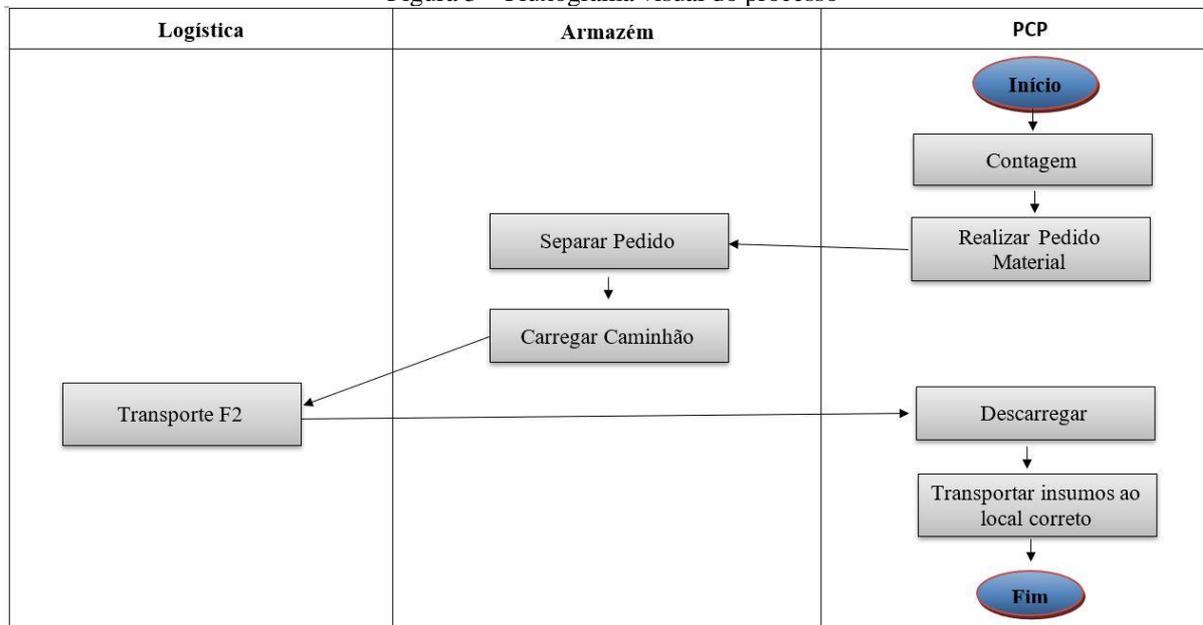
Paralelamente a representação dada pela aplicação da ferramenta SIPOC, um fluxograma das atividades foi construído para a compreensão visual das etapas do processo de ressuprimento (Figura 3).

Neste ponto, como percebido tanto pela descrição do SIPOC, como pela representação visual do fluxograma, a etapa de contagem é identificada como a primeira atividade a ser executada. A fábrica trabalha com três turnos denominados A, B e C; todos com 8 horas de duração seguidos um do outro, com o turno A iniciando às 06 horas da manhã.

Além dos três turnos, a fábrica trabalha com um turno comercial iniciando as 08 horas da manhã, com 8 horas de duração; dois estoquistas trabalham no turno A, enquanto outro trabalha no horário comercial. A atividade de contagem é realizada pelos estoquistas, de forma manual e tem por objetivo verificar a quantidade exata de matéria prima naquele momento específico de trabalho, nesta etapa os estoquistas contam todas as matérias primas da fábrica anotando em um relatório que é direcionado ao PCP para a formulação do planejamento dos

dois turnos do dia mais um turno do dia posterior (B, C e A). Ressalta-se que há uma margem de segurança pré-definida pela fábrica de 20% para todas as matérias primas.

Figura 3 – Fluxograma visual do processo



Fonte: Autor (2019)

A partir dessas informações, o PCP realiza o pedido de material para o almoxarifado, que posteriormente, realiza a separação do pedido e o carregamento do caminhão. Ressalta-se que quando o almoxarifado solicita o motorista, existe um tempo de espera até a chegada do motorista com o caminhão, que após estacionar na doca, deixa o local para realizar outras atividades, ou seja, após o carregamento pelo almoxarifado é obrigado a solicitar novamente o envio do material.

Após o carregamento do caminhão o material é transportado da doca do almoxarifado até a doca da Fábrica II, onde há o descarregamento e em seguida é realizada o traslado do material para os seus respectivos locais de solicitação na linha de produção.

Após a observação e descrição das etapas que compõe a atividade em estudo, a equipe de execução do DMAIC formulou e identificou 03 problemas do processo que interferiam negativamente no ressurgimento. Assim, para melhor observação, medição e análise dos problemas expostos foram construídos indicadores chaves (KPI's). Os indicadores foram utilizados para melhorar a interpretação dos caminhos que deveriam ser percorridos e elaborar assertivamente os métodos usados na etapa de medição. Além disso os indicadores promoviam a descrição (Quadro 6).

Quadro 6 – Definição de indicadores.

<b>KPI</b>	<b>Descrição</b>	<b>Meta</b>	<b>Métrica</b>
<b>A</b>	F2 está com dificuldade de receber insumos	Reduzir o tempo de ressurgimento de 11 para 8	Horas
<b>B</b>	Deve ser solicitado material somente para um período do dia	Quantidade de paletes fora do horário programado para 0	Paletes/dia
<b>C</b>	Colaboradores insatisfeitos com os longos descarregamentos	Reduzir distância percorrida de 12 para 6	Km

Fonte: Autor (2019)

O indicador A foi construído pela equipe de execução por identificar a Fábrica II como a principal promotora da dificuldade de recepção da matéria-prima – a equipe relatou que foi definido o tempo excessivo no lead time. A necessidade de reduzir o lead time surgiu do método atual de trabalho, em que o PCP solicita materiais a partir do turno B, que se inicia as 14 horas da tarde, porém o material está chegando ao local próximo das 16 horas, como visto nos dados históricos.

Já referente aos fatores do indicador B, tem-se: a falta de comunicação entre os setores, matéria prima enviada erroneamente ou no tempo não adequado e falta controle para entradas e saídas de material; frequentemente o estoquista deveria desviar de seu trabalho atual para levar um insumo à Fábrica II para evitar a parada da máquina devido a falta da matéria prima. Essa interrupção de suas atividades normais, acarretavam perda de tempo com deslocamento, causando a fadiga do colaborador visto que ele precisava se esforçar mais, além de haver pressão para aquele insumo chegar na área de utilização.

Por último, o indicador C, utilizado para identificação dos fatores relacionados a distância excessiva de locomoção dos colaboradores, falta de disponibilidade de transporte para locomoção de material devido as distâncias que pode ser exemplificada pela distância entre a doca da Fábrica II e o estoque de embalagens de 350 metros, além da baixa produtividade devido a excesso de fadiga. A dificuldade desse indicador se deu pelo fato que não foi possível identificar o quanto cada colaborador percorre em cada processo, só conseguimos o resultado do dia de trabalho por completo.

Ademais, as dificuldades encontradas estavam na capacidade de encontrar meios para especificar assertivamente as etapas dos processos, isso se dava porque a comunicação entre os responsáveis de cada setor era improdutiva, já que todos os profissionais estavam interessados em resolver seus problemas específicos e não se preocupavam em entender o processo como um todo. Tal necessidade de comunicação influenciou diretamente a aplicação metodológica do DMAIC, já que a ferramenta se sustenta na integração de todos os departamentos e na capacidade de fluidez das informações entre esses setores.

Apesar da dificuldade de fluir a informação, a equipe manteve o cronograma de atividades, sugestionando apenas um procedimento de melhoria cultural da empresa, no que cerne a integração entre os setores para mitigar a influência nociva da falta de comunicação.

#### 4.4 O processo de Medição

O processo de medição foi inicializado a partir da elaboração do mapa de processo expresso pelo Quadro 7. O mapa descreve detalhadamente todas as etapas que constituem o processo de ressuprimento da Fábrica II. O mapa foi construído para definir as variáveis de entradas e os parâmetros de saída que deveriam ser medidos e que mantinham algum grau de influência nos indicadores (A, B, C).

Assim, foram identificadas 18 variáveis de entrada que se apresentavam como problemas causais dos indicadores e que estavam aptas a receber ações corretivas diretas. Cada variável descrita no mapa tem uma relação causal com os indicadores A, B e C, e eram fontes de problemas que causavam o retardo do *lead time* do ressuprimento, além dos problemas de comunicação, atrasos e deficiências de produtividade.

Todas essas variáveis expõem, em algum grau, as dificuldades diárias que os colaboradores encontram para realizar suas atividades comuns. Além disso, as variáveis expostas pelo mapa de processo mostravam a incapacidade da gerência de alguns setores, o que pode ser causado por desconhecimento técnico dos líderes, falta de motivação para inicializar melhorias ou disfuncionalidade entre o que é planejado pela gerência e o que realmente é executado. Salienta-se que cada variável dispõe de uma complexidade diferente para observação, análise e aplicação da correção e melhoria.

Quadro 7 – Mapeamento do processo

Controle / Ruído	X's – Variável	Etapas	Y's – Parâmetros
C	Conferência errada	Contagem diária do estoque	Informações corretas
R	Nível de atenção do funcionário		Tempo de contagem
C	Demora na entrega do relatório		Legibilidade do relatório
C	Reprogramação da Produção	Solicitação de matéria prima necessária para produção	Devoluções
R	Sistema fora do ar		Tempo de verificar necessidade e enviar pedido
C	E-mail não visualizado	Encaminhamento para o almoxarifado	Tempo para chegar informações
C	Disponibilidade da empilhadeira	Separação do pedido e conferência	Tempo de separação e conferência

C	Haver o insumo		Legibilidade da ordem de pedido
C	Disponibilidade do caminhão	Solicitação do caminhão	Tempo para chegada do caminhão
		Carregamento do caminhão	Tempo de carregamento
C	Motorista não disponível	Solicitar motorista	Tempo de chegada do motorista
C	Motorista não é avisado		
C	Não há espaço na doca	Transporte das cargas	Tempo de deslocamento entre docas
C	Distância ao local disponível	Descarregamento do caminhão	
C	Área disponível para descarregamento		
C	Estoquistas disponíveis		Tempo de descarregamento
C	Estoquistas disponíveis	Transporte ao estoque de embalagem	Fatiga do operador
C	Distância ao estoque de embalagem		Tempo de transporte
C	Paleteira disponível		

Fonte: Autor (2019)

Sequencialmente, as variáveis causais foram divididas em duas categorias:

- a) Variáveis de Controle (C) – variáveis que poderiam ser evitadas com ações preventivas diretas e mensuráveis, como a demora na entrega do relatório – atribuída a etapa de contagem e que estava relacionada com a falta de definição de horário para entrega, promovendo atrasos nas atividades subjacentes e, conseqüentemente, se traduzia em atrasos para o cliente interno;
- b) Ruídos (R) - aqui se definem em atividades que não poderiam ser controladas a partir de ações diretas de melhoria, como o Nível de atenção dos funcionários - ainda relacionada a etapa de contagem e que se traduzia na incapacidade de controlar ou manter o funcionário atento durante as atividades por ele executadas, que poderia gerar um eventual erro no relatório.

Ressalta-se a maior proporção de variáveis controláveis, o que nos dá indícios de que o processo possui muitas oportunidades de melhorias.

Posteriormente, a partir dos resultados obtidos pelo mapa de processo, foi elaborado o plano de ação para verificar o impacto em relação ao tempo de cada parâmetro de saída. Para isso, o plano de ação foi traduzido em uma planilha 5W1H reduzida aos fatores mais relevantes para o plano de coleta demonstrada no Quadro 8. Utilizada para auxiliar não somente na coleta de dados mensuráveis, mas também para a descrição das atividades, dos prazos e dos responsáveis.

Os dados foram sintetizados para compreender o maior aporte de parâmetros possíveis, parâmetros estes utilizados para traduzir os problemas em dados quantitativos. A agregação se deu também para compreender os meios mais fáceis de adquirir dados mensuráveis e com boa

interpretação. Assim, os parâmetros para coleta se organizaram em: a) tempo de contagem; b) tempo de enviar pedido; c) tempo de separação; d) tempo de carregamento; e) tempo de logística; f) tempo de descarregamento.

Quadro 8 – Plano de ação para coleta de tempos

Quais dados coletar?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Por quê?
<b>Tempo de contagem</b>	Contagem	Semana 4 a Semana 7	Estagiário	Estimado	Identificar o impacto da atividade
<b>Tempo de enviar pedido</b>	PCP	Semana 4 a Semana 7	Estagiário	In Loco	Identificar o impacto da atividade
<b>Tempo de separação</b>	Armazém	Semana 4 a Semana 7	Facilitador	In Loco	Identificar o impacto da atividade
<b>Tempo de Carregamento</b>	Armazém	Semana 4 a Semana 7	Facilitador	In Loco	Identificar o impacto da atividade
<b>Tempo de logística</b>	Logística	Semana 4 a Semana 7	Facilitador	In Loco	Identificar o impacto da atividade
<b>Tempo de descarregamento</b>	F2	Semana 4 a Semana 7	Facilitador	In Loco	Identificar o impacto da atividade

Fonte: Autor (2019)

O plano 5W1H foi executado em espaço temporal de 03 semanas durante todos os dias. Os tempos coletados estão dispostos a seguir mostrado na Tabela 1.

Tabela 1 – Tempos de Processo

Separação Expedição (min)	Carregamento da expedição (s)	Caminhão (min)	Descarregamento / pallet (s)	Transporte Embalagem / pallet (s)
20	40	40	94	502
28	40	20	85	548
15	39	30	75	573
10	41	35	76	547
13	42	27	78	555
25	43	15	92	524
22	50	8	88	504
12	53	32	99	484
13	49	34	92	458
15	46	10	100	491
14	45	7	101	473
16	55	12	103	520
21	60	10	105	514
24	62	42	120	517
20	55	19	132	560
26	54	26	98	490
10	46	33	-	-

Fonte: Autor (2019)

O tempo total de carregamento, descarregamento e transporte de embalagem dependiam muito da quantidade de pallets que eram descarregados por dia, portanto os tempos

foram mensurados dessa forma, porém para auxiliar os cálculos foi definido uma média de 8 pallets de embalagens e 4 pallets de insumos

Assim, foram identificadas e mensuradas as principais problemáticas das etapas analisadas:

- 1) **Contagem** – aqui era excessivamente elevado o tempo de mensuração o que impossibilitou a alocação de um colaborador para ficar especificamente medindo o tempo desta atividade. Portanto, para resolução do problema, foi proposto o método de estimação – traduzido no cálculo entre o espaço de início e término da atividade da etapa de contagem, sendo início do horário de batida de ponto do colaborador e o termino a entrega do relatórios, descontados os tempos de descanso, que resultou em uma média de 3 horas e 20 minutos para completar a atividade. Apesar disso, foi identificado durante o mapeamento de processos e confirmado durante o plano de ação que havia a contagem de muitos itens que não eram utilizados para o planejamento do ressuprimento pelo PCP, que demandavam muito tempo para contagem e pelo fato do relatório de contagem ser o mesmo das duas fábricas, o colaborador só entregava o relatório ao terminar a contagem das duas fábricas;
- 2) **Transporte de embalagem** - foi a segunda etapa com o tempo de trabalho mais elevado de 4130 segundos, equivalente a aproximadamente 1 hora e 15 minutos – aqui foi verificado uma distância elevada entre os pontos de entrada (local onde o caminhão descarrega o material) até o ponto da embalagem em si;
- 3) **Logística** – aqui se estabelece a necessidade de uso de transporte (caminhão) para a movimentação de material entre as Fábricas I e II. O tempo de identificado nesta etapa foi agregado dos tempos de chegada do caminhão, tempo de chegada do motorista e o tempo de deslocamento entre a doca do almoxarifado e a doca da Fábrica II, resultando em 1411 segundos, ou 23 minutos; vale ressaltar que o tempo visto nessa etapa é o que mais varia devido ao tempo de chegada do motorista ou caminhão depender da disponibilidade dos mesmos, além do fato de existir a possibilidade de ao chegar na doca de descarregamento a mesma estar ocupada por haver apenas uma plataforma na doca e não haver comunicação entre os setores, já citados na etapa anterior de DMAIC, para evitar esse acontecimento;
- 4) **Descarregamento** – Nesta etapa se percebeu um tempo de 1163 segundos em média, ou aproximadamente 19 minutos, para se completar a atividade, isto em comparação com os parâmetros medidos a cima é traduzido em um valor de pouca

influência, em contrapartida se percebeu um excesso de movimentação por parte do trabalho o que se traduzia em maior esgotamento físico;

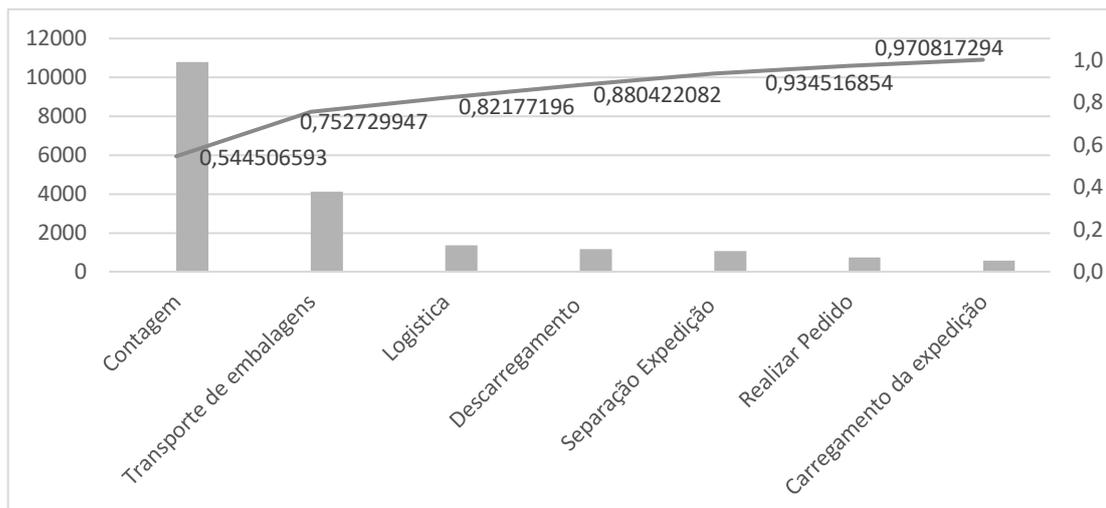
- 5) **Separação de expedição** – a etapa medida 1073 segundos de processamento, o que se explica em quase 18 minutos de atividade, assim se percebeu um impacto substancialmente insignificante para se traduzir em um problema efetivo para o processo de ressuprimento;
- 6) **Realizar pedido** – a realização do pedido teve o penúltimo menor tempo de processamento, pouco mais de 720 segundos para completar a atividade, cerca de 12 minutos;
- 7) **Carregamento de expedição** – por fim o carregamento de expedição levou o tempo de 580 segundos para ser completado, na média. O que traduz na atividade com menor tempo de processamento.

Para melhor identificação das atividades com maior influência negativa no processo de ressuprimento da Fábrica II, construiu-se o gráfico de Pareto, que traduziu graficamente os índices com maior influência no resultado (Gráfico 2).

Como se observa no gráfico, os tempos de contagem e transporte, são os tempos que se afloram como os tempos que mais levam tempo para processamento dentro das atividades que compõe o ressuprimento da Fábrica II.

Assim, a equipe decidiu manter o foco de trabalho e melhoria nos três primeiros processos com maior influência negativa no processo de ressuprimento, visto que a melhoria de um desses processos acarretaria em uma maior influência no tempo de ressuprimento total, descritos em: 1) contagem - 3 horas; 2) transporte da embalagem – 1 hora e 15 minutos; 3) logística - 23 minutos.

Gráfico 2 – Priorização de atividades



Fonte: Autor (2019)

Salienta-se que a soma dos tempos das atividades não equivale ao tempo total no *lead time* devido ao fato dos estoquistas possuírem outras atribuições além do ressuprimento da Fábrica II como o de devolução ou ressuprimento da Fábrica I, ou seja, em determinados momentos o ressuprimento é deixado de lado resultando na parada do processo. Por exemplo: com a chegada do caminhão na doca, comumente relata-se a não permanência do estoquista para auxiliar no descarregamento do material. Esta ausência corriqueira do setor de trabalho é justificada pela demora da chegada do caminhão na referida doca. Além disso, outra justificativa para desencadear as ausências comuns do colaborador do seu posto, se sustenta com os relatos de que o caminhão sempre chega em horários não programados (como o horário do almoço). Salienta-se que o tempo entre a saída do caminhão e sua chegada até a doca não foi computado pelo referido estudo, mas pode ser estimado por reunião de equipe. Ressalta-se, ainda, que esse tempo não é categorizado como tempo ocioso, pois o colaborador está realizando outras atividades importantes para o setor. Porém, é importante notar a problemática de começar um processo e deixá-lo incompleto iniciando outra tarefa com a possibilidade de parar a mesma antes de sua finalização prejudicando a curva de aprendizagem das tarefas, além de aumentar o lead time das tarefas que foram iniciadas e deixadas de lado por um período acarretando em ociosidade dos caminhões e perda de tempo pela movimentação do colaborador, além da fadiga, problemática importante para o indicador C adotado.

#### 4.5 O processo de Análise

O procedimento executado dentro do processo de análise foi realizado a partir das seguintes ferramentas – *Brainstorming* e a Diagrama de árvore.

Dentro desta etapa o *Brainstorming* foi realizado levando como base o mapa de processos e suas variáveis controláveis dos processos priorizados no Diagrama de Pareto. Os dados e os tempos foram conduzidos ao centro da discussão para que a análise e o processo dos objetivos resolutivos fossem construídos conjuntamente. Cada participante da equipe de aplicação Seis Sigma podia expor sua opinião e relatar as condições encontradas em cada problema identificado (Quadro 9).

Quadro 9 – Lista de problemáticas

<b>Causas</b>	<b>Quais as causas levantadas no Brainstorming?</b>
1	Longa distância do descarrego ao estoque de embalagem (350metros)
2	Caminhão chega no horário de almoço
3	Não há um layout definido para os insumos
4	Poucas patinhas boas
5	Não existe rastreamento da atividade
6	Não há um layout definido para as embalagens
7	Muitas Devoluções
8	Muitas reprogramações da produção
9	Falta pessoas para descarregar o caminhão
10	Fadiga do operador
11	Alta movimentação na doca
12	Logística demora para enviar caminhão
13	Não é possível contatar os estoquistas
14	Reprogramações da Produção
15	Logística demora para enviar Motorista
16	Doca pequena
17	PCP tem pouco espaço para colocar os insumos
18	Monitoramento não tem controle de onde está o caminhão
19	Estoque da Fábrica 1 e Fabrica 2 são compartilhados no sistema

Fonte: Autor (2019)

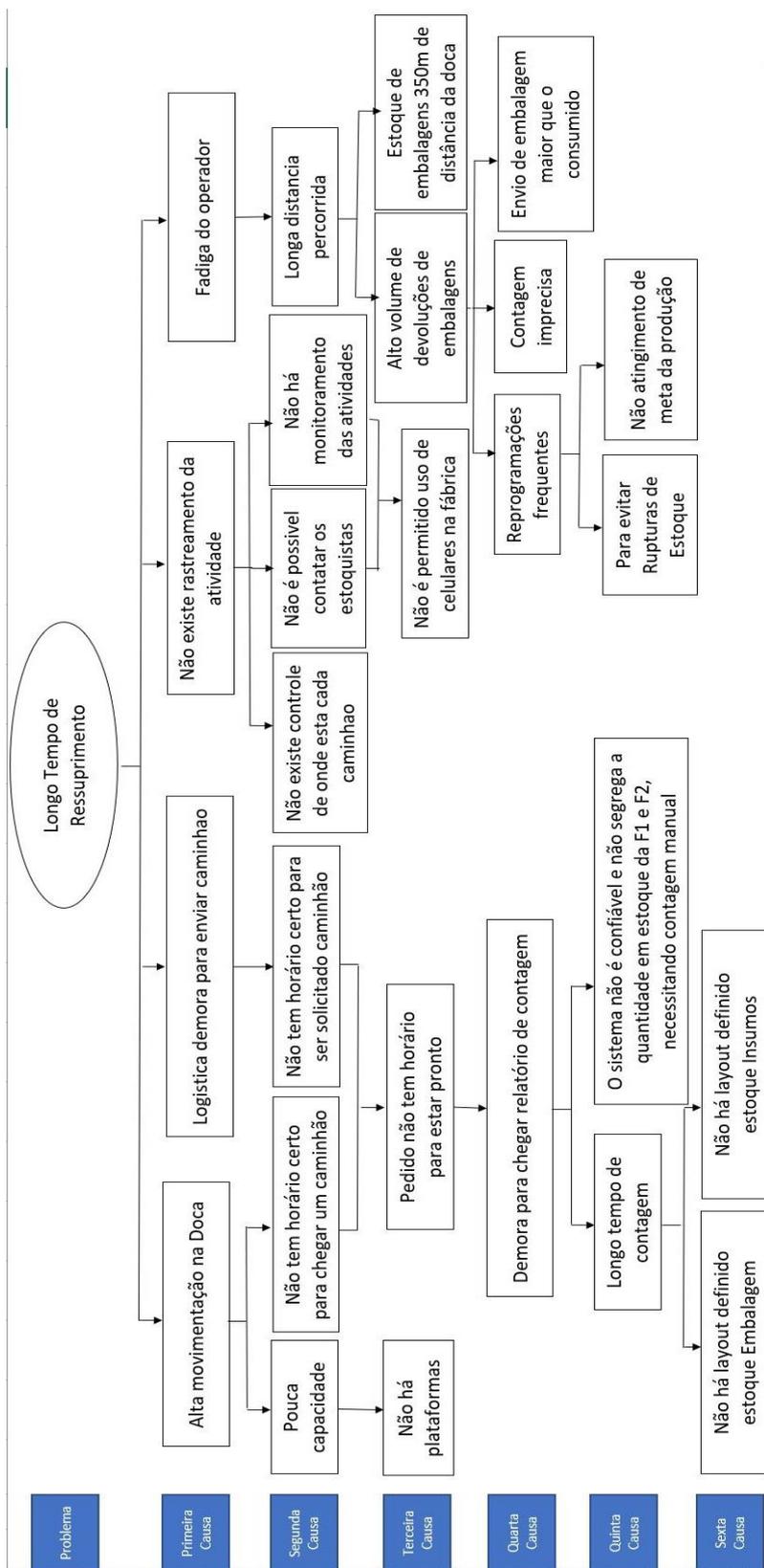
Dessa forma, foram identificadas 19 causas comuns aos problemas de contagem, transporte de embalagem e logística. A equipe identificou que algumas dessas problemáticas se relacionavam entre si, o que implicaria na possibilidade de resolutividade das problemáticas em cadeia, ou seja, resolver um problema implicaria na possibilidade de se resolver outro(s).

Portando, para melhor visualização das relações desses problemas relacionados aos ressurgimento, foi proposto e construído um diagrama de árvore (Figura 4). O diagrama foi exposto para contribuir na percepção das relações causais, tanto as relações entre si, quanto as relações com os indicadores expostos.

Como se percebe no diagrama, as atividades se relacionam entre si e podem ser descritas e direcionadas para serem resolvidas em cadeia. O diagrama de árvore proporcionou a possibilidade de organização visual das causas raízes, além disso o digrama direcionou a equipe na melhoria investigativa das causas nos níveis mais enraizados do problema, tal

identificação foi possível a partir da utilização da ferramenta 5 – porquês, dado que para cada nível do diagrama há a descrição da razão do problema nível acima ocorrer.

Figura 4 – Diagrama de Árvore



Fonte: Autor (2019)

A partir desta etapa, a equipe se direcionou na escolha de quais causas seriam priorizadas para recepcionar as atividades de melhoria. Essa priorização se deu para evitar excesso de trabalho. Dado que, os altos custos que algumas problemáticas iriam demandar e a limitação dos recursos humanos para implementação da melhoria. Para exemplificação se tem a causa – evitar rupturas de estoque - está problemática envolve não somente as atividades de PCP, mas envolve toda a produção, no que que cerne sua a capacidade, o setor comercial em seu planejamento de vendas e o setor de compras na garantia de produção do que deveria ser vendido. Assim, se expõe que um projeto para resolução desse problema não poderia ser organizado e implementado somente pela equipe de PCP, mas deveriam ser planejados e direcionados pelas hierarquias mais acima da organização.

#### 4.6 O processo de Implementação

Nessa perspectiva, as atividades foram priorizadas a partir das causas níveis mais abaixo somada com a capacidade de resolução pela equipe do projeto, ou seja, há duas restrições de seleção de causas: capacidade e nível raiz mais abaixo. Dentro da restrição de capacidade, a equipe se direcionou em evitar o envolvimento de outros setores da organização para evitar engessar a capacidade de implementação dos projetos posteriormente propostos. Portando os problemas selecionados foram listados no Quadro 10:

Quadro 10 – Lista de problemáticas priorizadas

1.	Muitas Devoluções
2.	Não é possível contatar os estoquistas
3.	Longa distância do descarrego ao estoque de embalagem (350m)
4.	Não existe prazo para as atividades
5.	Não há um layout definido para as embalagens

Fonte: Autor (2019)

Ademais, foi realizado um novo *Brainstorming*, para listar um novo quadro de soluções baseadas nas restrições supracitadas (Quadro 11). O que se observa como resultado é um grupo de sugestões não somente viável, mas que compreendem a possibilidade de mitigar mais de 80% dos problemas relacionados ao ressuprimento.

Quadro 11 – Lista de soluções

1.	Definir um Layout fixo para as embalagens
2.	Alterar formato do relatório de Contagem
3.	Alterar entrega de embalagens para o outro local da fábrica

4.	Definir prazos para as atividades
5.	Reduzir a margem de segurança das embalagens
6.	Distribuir rádios ao pessoal do PCP

Fonte: Autor (2019)

As duas primeiras soluções buscam reduzir o tempo de contagem. A primeira atividade descrita como solução real e viável, se identifica em:

- 1) **Definição um novo *layout* para as embalagens** – essa solução corresponde com uma etapa diretamente relacionada com ao processo de contagem, já que os estoquistas precisam contar o número de material que será solicitado para a produção. O que se percebeu é que os materiais estão dispostos pelo armazém de forma improvisada, não havendo qualquer mecanismo de identificação de movimentação, do que foi movimentado e como deve ser realizado esse movimento. Assim, a movimentação desnecessária de material promove desperdício de tempo dos colabores, o que logicamente acarreta em aumento dos custos relacionados a manutenção do local, além do excesso de fadiga do colaborador, já que o colaborador leva um tempo excessivo para fazer a contagem das embalagens, o que acarreta em demora para envio do relatório de contagem para PCP, resultando na demora para solicitação de material. Além disso, há o aumento expressivo da possibilidade de acidentes de trabalho. A readequação do espaço em um novo *layout* irá se traduzir na melhoria da movimentação desnecessária dentro do armazém. Silva et al. (2018) descrevem que a disposição correta de *layout* dentro do ambiente fabril é peça fundamental para a melhoria da produtividade, além da capacidade expressiva de reduzir custos com tempos e movimentos desnecessários de maquinário e colaborador. Ademais, locais onde o espaço é subutilizado ou mal utilizado podem provocar uma corrosão da saúde financeira da empresa que muitas vezes são despercebidas. Salienta-se que o estudo de viabilidade do objeto proposto não obteve tempo suficiente para ser implementado.
- 2) **Alteração na forma de contagem** – como descrito e observado nas análises subjacentes, além da alta demora – cerca de 3 horas e 20 minutos para finalização da atividade, o processo de contagem é nitidamente impreciso, o que fomenta não só a fadiga do trabalhador, mas inúmeros relatórios defasados ou com excesso de material que não são necessários para o PCP. Assim a

implementação de um novo processo em que os relatórios seriam modificados para serem utilizados na fábrica correspondente, só haverá o item no relatório que pode estar presente na fábrica e será utilizado pelo PCP. Dos dois estoquistas que batem o ponto no turno A, cada um deverá pegar um relatório de cada fábrica, seguir para a fábrica correspondente e iniciar a contagem, após o término da Fábrica II (que possui menos materiais e portando será mais ágil), o estoquista deverá se dirigir ao PCP para entregar esse relatório que dará início à realização de pedido, em seguida o colaborador irá pegar o relatório da Fábrica I e auxiliar o outro, como já era realizado anteriormente. O colaborador que chega no horário administrativo será responsável pela contagem das matérias primas que não são utilizadas pelo PCP e não possuem urgência para essa contagem ser realizada. Ressalta-se que a implementação de um procedimento de alteração de contagem é complexa dado a razão cultural empresarial em que estão envolvidos os colaboradores. Mudanças da forma de trabalho exige o envolvimento do alto escalão hierárquico, tempo e treinamento da aplicação do novo processo.

- 3) **Alteração do local da entrega da embalagem para outro local da fábrica** – visto que a capacidade da fábrica tende a aumentar a curto prazo, é sugerida nessa etapa que o descarrego de embalagens seja separado ao descarrego de insumos, ou seja, o de insumos iria se manter no local atual visto que os insumos são utilizados nas proximidades, enquanto as embalagens seriam descarregadas na doca utilizada pela expedição, que é 20 metros de distância do estoque de embalagens, reduzindo o tempo de deslocamento, facilitando devoluções e reduzindo a fadiga do operador.
- 4) **Definição prazos para as atividades** – as atividades não compreendem prazos definidos para execução, isso acarreta instabilidade para preparação da recepção do material transportado, além de promover estresse de trabalho desnecessário. Ao se conduzir um quadro diário de atividades com a definição da tarefa, responsável, status, início, duração e finalização irá adequar não só para a melhoria do controle do processo, como irá se organizar um banco de informações essenciais para a aplicabilidade da melhoria, conforme mostrado no Quadro 12. O Quadro 12 descreve um procedimento de controle de prazos e tarefas que auxiliará os responsáveis a controlar as atividades e organizar o sistema de execução de tarefas de forma mais efetiva e assertiva, além da

promoção de correções ou mesmo gratificações para colaboradores exemplares. Portanto, é possível garantir o caminhão, motorista e a doca livre reservando esses horários descritos na tabela para o ressurgimento da Fábrica II. Não foi considerada a alteração do estoque de embalagens a princípio, visto que é uma solução que necessitará de mais tempo para ser implementada, enquanto essa pode ser realizada o quanto antes. Além disso, os tempos de atividades estão com uma folga para garantir que apesar de imprevistos, os horários serão obedecidos. Após a implementação da solução 3 poderá ser realizado um novo planejamento. Nota-se que é previsto término das atividades antes do almoço dos colaboradores e antes da mudança de turno.

Quadro 12 – Definição de prazos

Tarefa	Responsável	Início (hora)	Duração	Término (Hora)
<b>Contagem F2</b>	Estoquistas 01	6:00	2hrs	8:00
<b>Realização Pedido</b>	Analista	8:00	20min	8:20
<b>Separação do pedido</b>	Almoxarifado	8:30	2hrs	8:50
<b>Carregamento Caminhão</b>	Almoxarifado	8:50	10min	9:00
<b>Transporte caminhão</b>	Logística	9:00	10min	9:10
<b>Descarregamento</b>	Estoquistas	9:10	20min	9:30
<b>Transporte materiais</b>	Estoquistas	9:30	1:30hrs	11:00

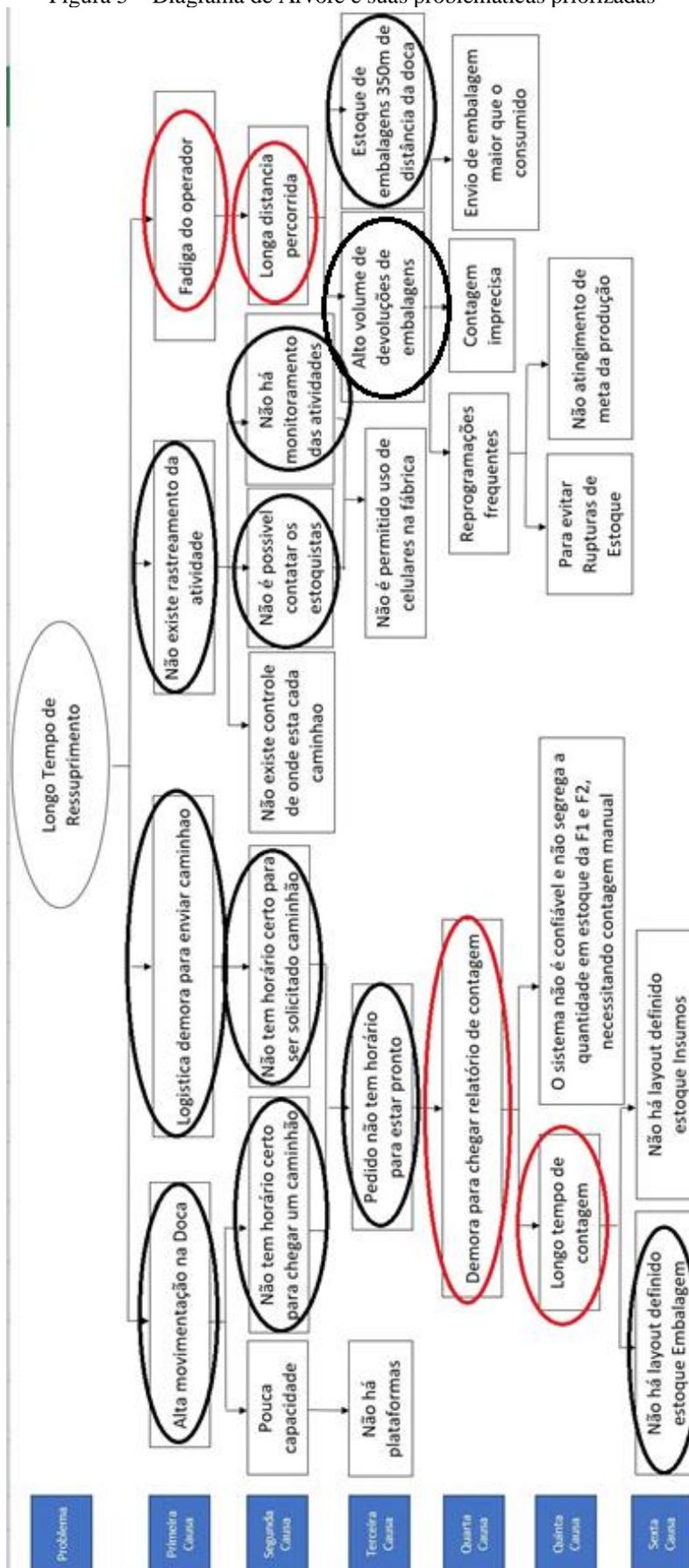
Fonte: Autor (2019)

- 5) **Reduzir a margem de segurança das embalagens** – A alta margem veio da necessidade de garantir que não faltasse insumos até o próximo ressurgimento, visto que o ressurgimento irá finalizar antecipadamente com as alterações propostas, essa solução tem o objetivo de reduzir as devoluções e consequentemente reduzir a fadiga do colaborador.
- 6) **Distribuição de rádios eletrônicos entre os funcionários** – a falta de fluxo coerente e assertivo da informação e comunicação da empresa promove um excesso de erros e retrabalho que impacta diretamente no processo de ressurgimento. As atividades realizadas de forma desconexas, movimentação de material sem a devida comunicação e identificação, incorporava ao processo de contagem e logística perdas de tempo significativos. Os funcionários constantemente, como se observou, incorriam por tempos excessivos na localização de material ou casos em que os colaboradores percorriam grandes distâncias entre as docas e as fábricas gerando maior perda de tempo com movimentação, apenas para obter informação. Além disso, a informação dos relatórios de contagem que servem como base de planejamento de PCP sempre

estão sob a ótica do erro, dado que, como a contagem é realizada manualmente, sempre há a necessidade de verificação e organização de novas contagens. A aplicação de meios eletrônicos para melhoramento da comunicação tem a capacidade de impactar positivamente a produtividade do setor, principalmente ao se evitar ao máximo os longos deslocamentos e conduzir com maior efetividade a gestão do departamento, o custo de implementação da sugestão supracitada é de R\$180,00 – que corresponde ao preço de aquisição do produto de comunicação, o prazo de implementação é imediato. É ressaltado a importância que essa solução tem em apoio à solução 4, visto que é possível o maior controle das atividades acompanhando cada estágio do ressurgimento e garantindo que estão cumprindo o horário pré-determinado, ou elaborando novas estratégias caso algo fora do normal ocorra.

As soluções propostas têm objetivo de atacar diretamente diversos problemas identificados no Diagrama de Árvore, é demonstrado na Figura 5 quais as problemáticas que foram priorizadas. Os círculos pretos correspondem as problemáticas diretamente atacadas, enquanto os círculos vermelhos correspondem as problemáticas que sofrerão influências positivas com as soluções.

Figura 5 – Diagrama de Árvore e suas problemáticas priorizadas



Fonte: Autor (2019)

#### 4.7 Considerações sobre o DMAIC

O processo de aplicação da metodologia DMAIC depende de vários tomadores de decisões, de vários níveis hierárquicos e toma um certo tempo para implementação. Por isso, aplicar melhorias a partir da ferramenta exige um corpo técnico treinado e organizado, já que o nível da inserção das melhorias irá depender não só somente da equipe de trabalho, mas da imersão na análise do problema para identificar sua complexidade. Por isso, é importante ressaltar que a aplicação do DMAIC pode exigir níveis diferentes de imersão e de ferramentas.

Para o estudo aqui realizado, não houve imersão profunda no processo para exigir a utilização de ferramentas mais avançadas do DMAIC. Essa superficialidade da análise se deu pela escassez do tempo que seria necessário para a equipe aplicar cada ferramenta. Porém, mesmo as ferramentas mais básicas do DMAIC foram capazes de identificar diversos pontos que os gestores não estavam cientes que aconteciam no setor.

A matriz SIPOC, fluxograma e mapa de processos foram essenciais para melhor entendimento do processo, elucidando certas confusões sobre a sequência de atividades, as áreas que se relacionam, os clientes internos de cada etapa, os responsáveis por cada atividade, além de diversos pontos que poderiam recepcionar melhorias simples, essas que não necessitaram de projetos para gerarem ganhos, mesmo que pequenos, de produtividade.

Ressalta-se ainda, que a importância dessas ferramentas se ampliou dentro do setor, visto que a empresa está em processo de implantação da ISO 22000, que gera a certificação relacionada a segurança alimentar. A utilização do DMAIC proporcionou ao departamento a familiarização e, conseqüentemente, adaptação das ferramentas que também são utilizadas pelos órgãos certificadores. Assim, a aplicação do DMAIC, mesmo na sua forma mais simples, teve um impacto significativo para a gestão de PCP da fábrica em estudo. Traduzindo, a ferramenta em um procedimento essencial quando se busca melhorias para setores com alto grau de variabilidade de seus processos.

Ademais, é necessário frisar que a metodologia não foi aplicada em sua plenitude, devido, novamente, a escassez de tempo.

## 5 CONCLUSÕES

Todo o trabalho organizado e realizado pela equipe Seis Sigma se estabeleceu para identificar causas raízes de um processo de ressuprimento, além de propor um quadro soluções possíveis.

Quando se fala na utilização de ferramentas como DMAIC, espera-se o uso de ferramentas robustas de melhoria da variabilidade de algum processo. O trabalho aqui apresentado, demonstrou a capacidade de adaptação da ferramenta para uma realidade produtiva mais simples e com um espaço de tempo de implementação curto.

Além disso, as ferramentas utilizadas no estudo realizado são consideradas ferramentas simples e intuitivas e que podem ser aplicadas por qualquer colaborador interessado em desenvolver melhorias no seu local de trabalho,

Com isso, o presente trabalho expôs métricas de facilitação do uso da ferramenta DMAIC, além de compreender a importância do uso de ferramentas simples e de fácil assimilação pelos colaboradores e equipe responsável pelo processo e aplicação da melhoria.

No geral, o processo de aplicação da melhoria de um processo de uma empresa historicamente irá esbarrar em três problemas observáveis. O primeiro é a falta de comunicação entre os setores, o que impede a troca de informações cruciais para a execução de um método de melhoria que possa satisfazer nas necessidades esperadas pelos gerentes. O segundo é a resistência a mudança que muitos setores produtivos carregam, essa resistência sempre é acompanhada pela justificativa de que o processo não precisa ser melhorado se já executa as atividades de forma a garantir o que a empresa pede. O problema principal dessa justificativa é que processos produtivos que não passam pelo crivo da análise podem carregar vícios nocivos para a empresa e acarretar, em um logo prazo, problemas financeiros severos. Por fim, o terceiro problema são custos incorridos para implementação de uma melhoria, a empresa sempre irá justificar que gastos com melhorias geram custos que não podem ser suportados pela organização naquele momento.

Assim, é necessário romper essas barreiras impostas pelo setor produtivo, e um dos meios para esse rompimento é a utilização de ferramentas básicas, com resultados diretos e com uso mínimo de recursos. Essas ferramentas podem ser adaptadas de procedimentos mais robustos e utilizadas dentro da realidade de cada setor de produção. Observa-se, então, que o uso do DMAIC, cabe perfeitamente nessa categoria.

Uma limitação deste presente trabalho foi a falta de implementação das melhorias propostas e a falta de procedimentos de controle para as melhorias. A aceitação do projeto pelos

altos níveis hierárquicos e a aprovação para implementação dessas melhorias demandam um tempo imprevisível, visto que os gestores possuem uma agenda cheia e além de aprovar as mudanças precisam participar ativamente nesse processo de implementação e controle.

Com o vislumbre dos resultados que o Seis Sigma como um todo pode gerar, os gestores, pouco tempo depois deste trabalho, realizaram um curso de Yellow Belt dentro da fábrica a fim de incentivar o uso da metodologia em outros setores.

Outro fator percebido pela organização foi a sua deficiência em delegar decisões, visto que um plano de ação bem estruturado não foi capaz de seguir adiante devido a falta de apoio de alguém responsável, ou seja, apenas os gestores de alto nível hierárquico possuem autorização para alterar os processos. Foi despertado a necessidade de criar um setor de melhoria contínua dentro da organização, porém sem prazo definido para sua implementação, e nem como seria estruturado.

Ademais, é importante ressaltar que, com a aplicação interrompida do processo metodológico, fica por sugestão para possíveis trabalhos futuros a continuação da utilização da ferramenta em sua plenitude com a aplicação de todas as soluções propostas com os procedimentos de controle adequado para cada mudança no processo.

Por fim, o uso de ferramentas de gerenciamento de melhorias e redução de variabilidade, que podem ser encontradas dentro do processo Seis Sigma, sempre resultam em resultados positivos quando aplicadas de forma correta. Isso sustenta ainda mais a capacidade que essas ferramentas têm na interpretação da realidade produtiva e na implementação das melhorias necessárias.

## REFERÊNCIAS

- ANTONY, Jiju; BANUELAS, Ricardo. Key ingredients for the effective implementation of Six Sigma program. **Measuring business excellence**, v. 6, n. 4, p. 20-27, 2002. Acesso em: 02 out. 2019
- BARNEY, M. Motorola's second generation. Six Sigma Forum Magazine. Milwaukee, v. 1, n. 3, p.13-16, May 2002.
- BEPPU, Marisa Masumi. **A adaptação dos Seis Sigma no Brasil**. Auctus Qualidade e Gestão. Campinas. 2004
- BONNEY, Maurice. **Reflections on production planning and control (PPC)**. Revista Gestão & Produção. Vol. 7, número 3, p.181-207, 2000.
- CARVALHO, Marly M.; PALADINI, Edson P. **Gestão da Qualidade: Teoria e Casos**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- MIGUEL, Paulo Augusto Cauchick; CONFORTINI, Rogerio; PINHEIRO, Thiago Henrique. Exploratory Case Studies on the Adoption of Six Sigma and Lean Production. **TIC6σ-2008**, p. 198, 2008.
- DA SILVA, Louriano Santana; DO VALE JÚNIOR, João Sotero. Reestruturação no Layout: Otimizando tempo e reduzindo custos. ID ON LINE REVISTA MULTIDISCIPLINAR E DE PSICOLOGIA, v. 12, n. 39, p. 372-385, 2018.
- FIGUEIREDO, Thiago Gomes. Metodologia seis sigma como estratégia para redução de custos: estudo de caso sobre a redução de consumo de óleo sintético na operação de usinagem. TCC na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS, 2006. Disponível em: <[http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2006\\_3\\_Thiago.pdf](http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2006_3_Thiago.pdf)>. Acesso: 02 out. 2019.
- HAN, C.; LEE, Y. H. Intelligent integrated plant operation system for six sigma. Annual Reviews Control. v.26, p. 27-43, 2002
- HARRY D., SCHROEDER, R. Six Sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the World's Top Corporation. New York: Doubleday, 2000.
- HILSDORF, W.C. **A Estratégia Seis Sigma para Melhoria da qualidade: uma análise crítica das métricas utilizadas**. Revista Pesquisa e Tecnologia FEI. São Paulo, n.23, p. 25-39, outubro,2002.
- LAUGENI, Fernando Piero; MARTINS, Petrônio G. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2013.
- PASCAL, Dennis. **Produção Lean Simplificada**. Porto Alegre: Boolman, 2013

- PINTO, B.S.; CARVALHO, M.M.; HO, L.L, Implementação de programa de qualidade: um survey em empresas de grande porte no Brasil, *Gestão e Produção*, 2006.
- Rath & Strong (Org.). **Six Sigma Pocket Guide**, 2. ed. Lexington, 2001.
- ROTONDARO, R. G. Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2008.
- RUDISILL, F., DRULEY, S. **Which Six Sigma Metric Should I use?**. *Quality Progress*, 37 no.3, pp. 104, mar. 2004.
- RUSSOMANO, V. H. **Planejamento e controle da produção**. 6.ed. São Paulo: Pioneira, 2000.
- SANTOS, Adriana Barbosa; MARTINS, Manoel Fernando. A implementação dos projetos seis sigma contribuindo para o direcionamento estratégico e para o aprimoramento do sistema de medição de desempenho. **Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção**, v. 1, n. 1, p. 1-14, 2003.
- SCATOLIN, André C. Aplicação da metodologia seis sigma na redução das perdas de um processo de manufatura. São Paulo, 2005.
- SERVA, Maurício; JUNIOR, Pedro Jaime. OBSERVAÇÃO PARTICIPANTE E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO - UMA POSTURA ANTROPOLÓGICA. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 64-79, 1995.
- SHAHIN, A. **Integration of Six Sigma and Service Quality Function Deployment - With a Case Study in the Hospitality Industry**. (2008).
- SILVA, B. G. J. et al. **Seis Sigma e a filosofia lean: uma abordagem teórica da integração Lean Seis Sigma**. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DE SERGIPE, 10., 2018, São Cristóvão, SE. Anais [...]. São Cristóvão, SE, 2018. p. 246 - 262.
- SLACK, NIGEL et. al. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 1997
- SOKOVIC, Mirko; PAVLETIC, Dusko; PIPAN, K. Kern. Quality improvement methodologies—PDCA cycle, RADAR matrix, DMAIC and DFSS. **Journal of achievements in materials and manufacturing engineering**, v. 43, n. 1, p. 476-483, 2010. Disponível em: < encurtador.com.br/anqCU>. Acesso em: 02 out. 2019
- TUBINO, D. F. Planejamento e Controle da Produção: teoria e prática. São Paulo: Atlas, 2009.
- USEVINICIUS, A. L, “Implantação da metodologia Seis Sigma e aplicação da técnica estatística de projeto de experimentos na resolução de problemas e otimização dos processos de fabricação” (Dissertação), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. RS, p.36, 2004. Acesso em: 04 nov. 2019.
- WERKEMA, C. **Criando a cultura Seis Sigma**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2004.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.