



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA E DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

JOVINIANO FAUSTINO NASCIMENTO JÚNIOR

**IMPLEMENTAÇÃO DO *KANBAN* PARA REDUÇÃO DA MOVIMENTAÇÃO DE
MATÉRIA PRIMA: UMA APLICAÇÃO DO *LEAN SEIS SIGMA* NA LOGÍSTICA DE
APOIO À PRODUÇÃO**

FORTALEZA

2012

JOVINIANO FAUSTINO NASCIMENTO JÚNIOR

IMPLEMENTAÇÃO DO *KANBAN* PARA REDUÇÃO DA MOVIMENTAÇÃO DE
MATÉRIA PRIMA: UMA APLICAÇÃO DO *LEAN SEIS SIGMA* NA LOGÍSTICA DE
APOIO À PRODUÇÃO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção Mecânica.

Orientador: Dr. João Welliandre Carneiro Alexandre.

FORTALEZA

2012

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

-
- N193i Nascimento Júnior, Joviniano Faustino.
Implementação do *kanban* para redução da movimentação de matéria prima: uma aplicação do *lean* seis sigma na logística de apoio à produção / Joviniano Faustino Nascimento Júnior – 2012.
107 f. : il., enc. ; 30 cm.
- Monografia (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia de Produção Mecânica, Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Fortaleza, 2012.
Área de Concentração: Gestão da Produção.
Orientação: Prof. Dr. João welliandre Carneiro Alexandre.
1. Gestão da produção - logística 2. Seis sigma. I. Título.

CDD 658.51

JOVINIANO FAUSTINO NASCIMENTO JÚNIOR

IMPLEMENTAÇÃO DO *KANBAN* PARA REDUÇÃO DA MOVIMENTAÇÃO DE
MATÉRIA PRIMA: UMA APLICAÇÃO DO *LEAN SEIS SIGMA* NA LOGÍSTICA DE
APOIO À PRODUÇÃO

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica e de Produção da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro de Produção Mecânica.

Aprovada em: __/__/____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Welliandre Carneiro Alexandre (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Sérgio José Barbosa Elias
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Maxweel Veras Rodrigues
Universidade Federal do Ceará (UFC)

À Dona Raimunda Máxima de Moraes Mota
(minha Avó!), velhinha arretada que
representa a inteligência e a força de vontade
de meus pais, que me fizeram chegar a essa
conquista.

AGRADECIMENTOS

A Deus, que me capacita e dá a força necessária para superar os momentos de fraqueza e dificuldade.

A minha Mãe, que tamanho esforço fez e de tantas coisas abriu mão, para dar-me condições de uma base educacional sólida.

A meu Pai, que me ensinou a ciência da escola e da vida, que em meio a adversidades me formou e conservou com integridade e honestidade.

A minha avó, Raimunda Mota, que motivou e impulsionou minha vida acadêmica e profissional, e plantou a semente de minha formação quando disse à minha mãe: “Mulher, bota esse menino pra fazer um curso...”.

A Jocilda e Isacc, fonte de apoio e inspiração durante toda minha formação acadêmica.

A Aroldo Reges, Diretor da escola base de minha formação, que financiou boa parte de meus estudos, visualizou e apoiou este sonho, que talvez só ele enxergasse...

A Mauro Oliveira, mestre que me ensinou o valor que tem esse título, e o que ele pode fazer pela sociedade, mais que isso, ensinou-me o valor que tem o sonho e o que ele pode fazer pela vida.

A Teresa Mota, que apoiou e possibilitou minha capacitação em Lean Seis Sigma, que permitiu a realização deste trabalho.

A meus amigos, em especial Ana Mariano, que me apoiaram e dividiram comigo momentos de dificuldade e descontração durante a graduação.

Aos professores João Welliandre e Sérgio Elias, que orientaram este trabalho, e aos docentes do curso, em especial ao professor Maxweel, que motivaram minha vida acadêmica e ajudaram a construir minha formação como Engenheiro de Produção.

A Mário Coelho, em representação a toda a empresa e colegas de trabalho que me deram a oportunidade de aplicar os conhecimentos absorvidos na universidade e realizar este trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso em uma indústria de tintas imobiliárias que tem a logística de apoio à produção como o gargalo de seu sistema fabril, devido à expansão de seu sistema produtivo, em função do elevado crescimento apresentado pela empresa nos últimos anos. O contexto é traduzido na necessidade de se construir um sistema de movimentação de matéria prima que seja capaz de atender à produção com o volume, a velocidade e a flexibilidade exigidos, incorrendo no menor custo possível. O desafio originado consiste em preparar o sistema logístico para atender ao abastecimento de matéria prima sem prejuízos à produção. Esta pesquisa demonstra a implementação de um projeto de melhoria que aplica *Lean Seis Sigma* na Logística de apoio à produção. Tem ênfase no sistema *kanban* de movimentação adotado como solução para redução da movimentação de matéria prima no processo de abastecimento à produção. Tem por objetivo apresentar a integração entre as metodologias *Lean* e *Seis Sigma* junto à Logística, de forma a obter complementaridade entre elas. O trabalho é concluído com a apresentação dos resultados alcançados a partir da integração entre essas metodologias, evidenciando os ganhos obtidos com o projeto, que une a precisão estatística do *Seis Sigma*, com a objetividade e a simplicidade do *Lean* na solução de problemas, com as necessidades e os princípios da Logística. O resultado do trabalho se dá na criação de um sistema enxuto, com variação controlada, focado em um fluxo contínuo, rápido e flexível.

Palavras-chave: *Lean*. *Seis Sigma*. Logística. *Kanban*. Redução de movimentação.

ABSTRACT

This research presents a case in a residential and commercial paint's industry, which has the inbound logistic as a bottleneck of its productive system. The inbound logistic is the bottleneck of this industry because of the expansion of its productive system, due to the high growth shown by the company in recent years. The context is translated into the need to build a drive system of raw material, capable to support the production with the volume, speed and flexibility required, incurring the lowest possible cost. The challenge is to prepare the logistic system to meet the supply of raw materials without damage to production. This research demonstrates the implementation of an improvement project that applies Lean Six Sigma in the Inbound Logistic. It has emphasis on a kanban system adopted as solution to reduce the handling in the raw material supply process to production. Aims to present the integration of Lean and Six Sigma methodologies with the Logistic, in order to achieve complementarity between them. This work is concluded with the presentation of results from the integration of these methodologies, highlighting the gains from the improvement project, which unites the statistical accuracy of Six Sigma, with objectivity and simplicity of Lean in solving problems, with the needs and the principles of Logistic.

Keywords: Lean. Six Sigma. Inbound logistic. Kanban. Material handling reduction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A integração logística.	22
Figura 2 - Aumento dos lucros na produção em massa e na produção enxuta.....	24
Figura 3 - Sistemas de empurrar ou puxar a produção.	28
Figura 4 - Painel ou quadro porta-kanban.	29
Figura 5 - Escala sigma.	34
Figura 6 - O método DMAIC.	34
Figura 7 - Modelo do método proposto.....	37
Figura 8 - Sistemática do modelo proposto com identificação das fases e suas etapas.	38
Figura 9 - Sistemática do modelo proposto com identificação das fases e suas ferramentas. .	39
Figura 10 - Matriz Esforço x Impacto.....	43
Figura 11 - Diagrama de causa e efeito para um problema de manufatura.....	45
Figura 12 – Plano de ação com base na ferramenta 5W e 1H.....	46
Figura 13 - Exemplo de fluxograma de processo.	48
Figura 14 – Exemplo de histograma.	50
Figura 15 - Exemplo de Boxplots.....	51
Figura 16 - Exemplos de gráficos de controle.....	52
Figura 17 - Porcentagem de valores dentro de determinadas faixas de distribuição normal. ..	53
Figura 18 - Qualidade Seis Sigma.	55
Figura 19 – Vista aérea da distância entre os almoxarifados.	58
Figura 20 – EAP elaborada no projeto.....	62
Figura 21 – Mapa do processo analisado.	64
Figura 22 – Diagrama de Causa e Efeito elaborado no projeto.....	66
Figura 23 – Matriz Esforço x Impacto elaborada no projeto.	68
Figura 24 – Efeito funil.	76
Figura 25 – Leiaute do supermercado kanban.....	88
Figura 26 – Cartões kanban.....	89
Figura 27 – Quadro <i>kanban</i>	90
Figura 28 – Primeira etapa do fluxo do sistema <i>kanban</i>	91
Figura 29 – Segunda etapa do fluxo do sistema <i>kanban</i>	92
Figura 30 – Terceira etapa do fluxo do sistema <i>kanban</i>	92
Figura 31 – Quarta etapa do fluxo do sistema <i>kanban</i>	93
Figura 32 – Novo mapa do processo.....	94
Figura 33 – Simulação de um quadro <i>kanban</i> de movimentação.....	95

Figura 34 – Colaborador em treinamento operando o sistema *kanban* simulado. 96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Matriz causa e efeito.....	42
Quadro 2 – Modelo para a ferramenta SIPOC.	47
Quadro 3 – Simbologia utilizada em fluxogramas.	48
Quadro 4 – Interpretação do valor de Cp.	54
Quadro 5 – Modelo do contrato utilizado no projeto.....	61
Quadro 6 – SIPOC elaborado no projeto.	63
Quadro 7 – Levantamento das Possíveis Causas.	65
Quadro 8 – Matriz Causa e Efeito elaborada no projeto.	67
Quadro 9 – Modelo de FMEA elaborado no projeto.	83
Quadro 10 – Modelo do plano de ação elaborado no projeto.	84
Quadro 11 – Classificação das prioridades no sistema kanban.	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Convertendo DPMO para sigmas.....	54
Tabela 2 – Valores individuais de Y^1 e da amplitude móvel (jan/2012).....	69
Tabela 3 – Dados estatísticos do processo (jan/2012).	69
Tabela 4 – Requisições diárias de mineral.	77
Tabela 5 - Dados estatísticos das requisições (fev a abr/12).....	77
Tabela 6 – Quantidade de Requisições diárias (abr/12).....	78
Tabela 7 – Quantidades de requisições por hora (jan a abr/12).....	79
Tabela 8 – Quantidade de requisições Vs. valores de Y^1 por dia (fev a abr/12).	81
Tabela 9 – Dimensionamento do N° de cartões <i>kanban</i> de movimentação.....	88
Tabela 10 – Limites dos gráficos de controle do processo analisado.	97

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Teste de normalidade do processo de Y^1	71
Gráfico 2 – Capabilidade do processo de Y^1	72
Gráfico 3 - Histograma do processo de Y^1	73
Gráfico 4 – Boxplot do processo de Y^1	74
Gráfico 5 - Gráfico em série temporal das requisições diárias (abr/12)	78
Gráfico 6 - Gráfico em série temporal das requisições por hora (jan a abr/12).	80
Gráfico 7 - Gráfico <i>boxplot</i> entre X e Y^1	81
Gráfico 8 - Gráfico de controle para medidas individuais.	98
Gráfico 9 - Gráfico de controle para amplitude móvel.	98
Gráfico 10 - Gráfico de tendência (Y^2).	99

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	Contexto e motivação para o estudo	17
1.2	Objetivos.....	18
1.2.1	<i>Objetivo geral</i>	18
1.2.2	<i>Objetivos específicos</i>	18
1.3	Importância do trabalho	18
1.4	Metodologia de pesquisa e desenvolvimento do trabalho	19
1.5	Estrutura do trabalho	20
2	CONCEITUANDO LOGÍSTICA, <i>LEAN</i> E SEIS SIGMA	21
2.1	A logística e seu apoio à produção	21
2.2	<i>Fundamentos do sistema Lean</i>	22
2.2.1	<i>Muda</i>	24
2.2.2	<i>Mura</i>	25
2.2.3	<i>Muri</i>.....	25
2.2.4	<i>5S</i>.....	26
2.2.5	<i>Just in time</i>	26
2.2.6	<i>Sistema Kanban</i>.....	27
2.2.6.1	<i>Cartão Kanban</i>.....	29
2.2.6.2	<i>Painel ou Quadro kanban</i>.....	29
2.2.6.3	<i>Contenedores e Supermercado</i>	30
2.2.6.4	<i>Dimensionamento do sistema Kanban</i>	30
2.2.6.5	<i>Sistema de um cartão</i>	31
2.2.6.6	<i>Sistema de dois cartões</i>	32
2.2.7	<i>Logística e Lean</i>	32
2.3	Seis Sigma	33
2.3.1	<i>Seis Sigma e a Logística</i>	35
2.4	Logística <i>Lean</i> Seis Sigma	35
3	ABORDAGEM DO <i>LEAN</i> SEIS SIGMA NA LOGÍSTICA DE APOIO À PRODUÇÃO.....	36
3.1	Ideologia da abordagem	36
3.2	Sistemática do Método	37
3.3	Metodologia DMAIC.....	40
3.4	Ferramentas de Planejamento e Estratégia.....	41

3.4.1	<i>Contrato do projeto</i>	41
3.4.2	<i>Estrutura Analítica do Projeto (EAP)</i>	41
3.4.3	<i>Matriz de Causa e Efeito</i>	41
3.4.4	<i>Matriz Esforço x Impacto</i>	42
3.5	Ferramentas para resolução de problemas	43
3.5.1	<i>Brainstorming</i>	44
3.5.2	<i>Diagrama de Ishikawa</i>	44
3.5.3	<i>Efeito funil</i>	45
3.5.4	<i>Plano de ação</i>	45
3.5.5	<i>FMEA</i>	46
3.6	Ferramentas operacionais	46
3.6.1	<i>SIPOC</i>	46
3.6.2	<i>Mapa do processo ou fluxograma</i>	47
3.6.3	<i>Procedimento operacional padrão</i>	49
3.6.4	<i>Sistema kanban e supermercado</i>	49
3.7	Ferramentas de medição	50
3.7.1	<i>Histograma</i>	50
3.7.2	<i>Boxplot</i>	50
3.7.3	<i>Gráficos de controle do processo</i>	51
3.7.4	<i>Medição da capacidade do processo</i>	53
3.7.5	<i>Comprovação das melhorias</i>	55
4	APLICAÇÃO DA ABORDAGEM LEAN SEIS SIGMA NA LOGÍSTICA..	56
4.1	Apresentação da empresa	56
4.2	Contexto industrial	56
4.3	Apresentação do caso	57
4.4	Aplicação do método	59
4.4.1	<i>Fase definir</i>	59
4.4.1.1	<i>Concepção do projeto</i>	59
4.4.1.2	<i>Formalização do projeto</i>	59
4.4.1.3	<i>Visão geral do projeto</i>	61
4.4.1.4	<i>Visualização do macrofluxo do processo</i>	62
4.4.2	<i>Fase medir</i>	63
4.4.2.1	<i>Detalhamento do fluxo do processo</i>	63
4.4.2.2	<i>Levantamento das possíveis causas</i>	65

4.4.2.3	<i>Classificação das possíveis causas</i>	66
4.4.2.4	<i>Ranqueamento das possíveis causas</i>	66
4.4.2.5	<i>Priorização das possíveis causas</i>	67
4.4.2.6	<i>Medição do desempenho estatístico do processo</i>	68
4.4.2.7	<i>Medição da habilidade do processo em gerar defeitos</i>	72
4.4.3	<i>Fase analisar</i>	73
4.4.3.1	<i>Análise do comportamento do processo</i>	73
4.4.3.2	<i>Efeito funil</i>	75
4.4.3.3	<i>Análise das causas de variação do processo</i>	77
4.4.3.4	<i>Análise da influência das causas vitais no desempenho do processo</i>	80
4.4.3.5	<i>Análise dos modos de falha do processo</i>	82
4.4.4	<i>Fase melhorar</i>	84
4.4.4.1	<i>Planejamento das ações de correção</i>	84
4.4.4.2	<i>Aplicação das ações de melhoria</i>	85
4.4.4.2.1	<i>Cálculo da demanda média diária de cada matéria prima movimentada</i>	85
4.4.4.2.2	<i>Definição do tamanho do lote padrão de movimentação</i>	85
4.4.4.2.3	<i>Dimensionamento do número de cartões</i>	86
4.4.4.2.4	<i>Definição e negociação da área do supermercado</i>	87
4.4.4.2.5	<i>Seleção dos itens a compor o sistema <i>kanban</i></i>	87
4.4.4.2.6	<i>Definição do leiaute do supermercado</i>	88
4.4.4.2.7	<i>Configuração do cartão <i>kanban</i></i>	89
4.4.4.2.8	<i>Configuração do quadro <i>kanban</i></i>	90
4.4.4.2.9	<i>Modelagem do fluxo do sistema <i>kanban</i></i>	91
4.4.4.2.10	<i>Definição do novo processo de movimentação de matéria prima</i>	93
4.4.4.2.11	<i>Treinamento da equipe de operação</i>	95
4.4.4.2.12	<i>Projeto piloto</i>	96
4.4.4.2.13	<i>Ajustes finais e continuidade do sistema <i>kanban</i></i>	96
4.4.4.3	<i>Validação das melhorias</i>	97
4.4.5	<i>Fase controlar</i>	97
4.4.5.1	<i>Controle por gráfico de controle</i>	97
4.4.5.2	<i>Controle por gráfico de tendência</i>	99
4.4.5.3	<i>Monitoramento via <i>kanban</i> e supermercado</i>	100
4.4.5.4	<i>Procedimento operacional padrão</i>	100
5	CONCLUSÃO	101

5.1	Resultados.....	101
5.2	Ganhos quantitativos:	103
5.3	Ganhos qualitativos:.....	103
5.4	Considerações finais	104
	REFERÊNCIAS.....	106

1 INTRODUÇÃO

O capítulo 1 apresenta os parâmetros iniciais necessários ao entendimento desta pesquisa. Aqui são abordados o contexto geral do projeto, bem como os objetivos deste trabalho, sua importância e suas limitações.

1.1 Contexto e motivação para o estudo

Este trabalho foi originado a partir da necessidade de melhoria no sistema logístico de apoio à produção em uma fábrica de tintas imobiliárias. Isso porque, o aumento acelerado de participação no mercado pela empresa aqui estudada, fomentado pelo crescimento do Nordeste acima da média nacional e a expansão do mercado imobiliário revelaram uma demanda prevista nos serviços logísticos acima da atual capacidade da empresa em atendê-la.

Para atender ao crescimento elevado apresentado nos últimos anos, a empresa se prepara para uma expansão de seu sistema produtivo, o que faz da logística de apoio à produção o gargalo no sistema fabril para o ano de 2012. O desafio originado consiste em preparar o sistema logístico para atender ao abastecimento de matéria prima sem prejuízos à produção.

Observou-se que havia uma oportunidade de melhoria no sistema logístico vigente. A oportunidade observada corresponde na eliminação dos desperdícios existentes no processo de movimentação de matéria prima para abastecimento à produção. Logo, percebe-se que existe possibilidade de a logística de apoio à produção atender ao crescimento da demanda, mantendo o mesmo nível de recursos já existentes, melhorando apenas a eficiência de sua utilização.

Esta pesquisa teve como motivação, portanto, a seguinte pergunta: como adequar o sistema logístico de movimentação de matéria prima para o atendimento à produção, utilizando os recursos atuais de máquina e mão de obra, com uma solução de curto prazo, sem prejudicar o sistema produtivo?

O trabalho discorre, portanto, sobre a implementação de um projeto de melhoria, utilizando de forma complementar as metodologias *Lean* e Seis Sigma, além dos conceitos oriundos da Logística. O projeto de melhoria resultou na implantação de um sistema *kanban* de movimentação, na logística de apoio à produção. Este trabalho discorre, portanto, sobre o referido estudo de caso, apresentando as soluções e os resultados obtidos.

1.2 Objetivos

Este trabalho tem seus objetivos desdobrados, conforme se apresenta a seguir.

1.2.1 *Objetivo geral*

Demonstrar a implementação de um projeto *Lean Seis Sigma* na Logística de apoio à produção, com enfoque na melhoria obtida, a partir da implantação de um sistema *kanban* de movimentação no fluxo de matéria prima, para abastecimento da produção em uma indústria de tintas imobiliárias.

1.2.2 *Objetivos específicos*

Os objetivos específicos foram definidos conforme se observa a seguir:

- a) descrever a integração entre as metodologias *Lean* e *Seis Sigma* na Logística de apoio à produção;
- b) apontar uma sequência de passos para obtenção de melhorias no processo de movimentação de matéria prima na logística de apoio à produção;
- c) apresentar a definição, o dimensionamento e a implementação de um sistema *kanban* de movimentação, a partir de um caso real;
- d) avaliar os resultados obtidos com a implementação do *Lean Seis Sigma* no processo logístico da empresa em análise.

1.3 Importância do trabalho

A empresa apresenta ambiente cultural já relativamente desenvolvido quanto à utilização da metodologia *Lean Seis Sigma*. Isso não só favoreceu como também influenciou a implantação do sistema aqui proposto, muito embora tal cultura se resuma ao ambiente fabril de tintas líquidas. Assim, o projeto tornou-se ainda uma oportunidade de ampliação da cultura *Lean Seis Sigma* no sistema logístico da empresa.

O projeto tem impacto significativo na organização por apresentar melhorias ao processo logístico de abastecimento de matéria prima da empresa. Isso porque, tem sido notável o crescimento da demanda nos últimos anos, que revelou a logística como o gargalo da empresa no atendimento a essa demanda. Este trabalho apresenta sua importância ao abordar uma solução adotada para a adequação do sistema logístico de apoio à produção, sem os grandes investimentos previstos pela empresa.

Sobretudo, o trabalho apresenta sua contribuição acadêmica e prática ao modelar um sistema de implementação de melhoria contínua, unindo e aplicando na prática os pensamentos oriundos do *Lean*, da Logística, e do *Seis Sigma*. Quanto a esse ponto, Goldsby

e Martichenko (2005) salientam a tradicional divergência existente entre teoria e prática, no que se refere à aplicação de metodologias para obtenção de melhorias.

O projeto aqui relatado demonstra a aplicação de uma metodologia, comprovando resultados obtidos a partir da eliminação de desperdícios logísticos de maneira enxuta e estatística, facilmente aplicada a realidades logísticas de muitas empresas no Brasil.

1.4 Metodologia de pesquisa e desenvolvimento do trabalho

Segundo Silva e Menezes (2001), pode-se definir pesquisa de muitas formas. De forma simples, pesquisar significa procurar respostas para indagações propostas. “Pesquisa é um conjunto de ações, propostas para encontrar a solução para um problema, que têm por base procedimentos racionais e sistemáticos” (SILVA e MENEZES, 2001, p. 20).

Uma pesquisa pode ser classificada de várias formas. As formas clássicas de classificação da pesquisa se dão quanto a: natureza, forma de abordagem do problema, objetivos, e procedimentos técnicos (SILVA e MENEZES, 2001).

Quanto à natureza da pesquisa, esta pode ser classificada como Pesquisa Aplicada. Isso porque, tem por objetivo gerar conhecimentos para aplicação prática com vista à solução de problemas específicos (SILVA e MENEZES, 2001). No que diz respeito à forma de abordagem do problema, trata-se de pesquisa quali-quantitativa, pois possui características qualitativas e quantitativas. Conforme afirma Silva e Menezes (2001), diz-se qualitativa por ser uma pesquisa descritiva, onde o pesquisador é o seu instrumento-chave. Segundo as autoras, a interpretação de fenômenos é baseada em interpretações realizadas a partir da percepção do pesquisador, durante a aplicação prática, em ambiente natural.

No entanto, a pesquisa baseia-se na metodologia Seis Sigma, que utiliza fortemente conceitos e ferramentas estatísticas de elevado poder analítico. A pesquisa é, portanto, também quantitativa, pois utiliza recursos e técnicas estatísticas para análise dos dados (SILVA e MENEZES, 2001). Sobretudo, a pesquisa realizada traduz em números opiniões e informações, a fim de classificá-las e analisá-las na tentativa de quantificar o processo.

A pesquisa diz-se exploratória, do ponto de vista de seus objetivos. Isso, por tratar o problema de forma explícita, construindo hipóteses, apresentando experiências práticas e análises de exemplos que estimulam a compreensão (GIL, 1991, *apud* SILVA e MENEZES, 2001). De modo geral, a pesquisa classifica-se como um estudo de caso.

Quanto aos procedimentos técnicos, caracteriza-se como uma Pesquisa-Ação, por ter sido concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um

problema coletivo (SILVA e MENEZES, 2001). Outrossim, a pesquisa se realizou com a participação efetiva do pesquisador e dos participantes representativos do problema.

Vale ressaltar que o trabalho apresentado está baseado em um estudo de caso, realizado em uma empresa do setor de tintas imobiliárias. Desse modo, está limitado à realidade do caso da empresa, onde foi realizada a pesquisa.

1.5 Estrutura do trabalho

O trabalho apresenta-se organizado e estruturado conforme a ordem mostrada segundo os parágrafos a seguir.

O capítulo um faz uma introdução do trabalho, apresentando sua origem, importância, e objetivos gerais e específicos. O capítulo apresenta ainda a metodologia de pesquisa e desenvolvimento do trabalho realizado, a forma como está organizado, além de suas limitações.

O capítulo dois aborda o referencial teórico utilizado no desenvolvimento do trabalho. Nele se discute a fundamentação teórica da monografia, definindo-se Logística, além das metodologias *Lean* e Seis Sigma. O capítulo apresenta ainda os conceitos e as características do ciclo DMAIC e da ferramenta *Lean* utilizada na fase de intervenção no processo para obtenção das melhorias esperadas, o *kanban*.

O terceiro capítulo relata sobre a abordagem metodológica proposta neste trabalho. Inicialmente, o capítulo apresenta a estrutura e a sistemática do modelo abordado. Na sequência, são abordadas as fases e os objetivos de cada uma delas, bem como as ferramentas aplicadas fase a fase.

O capítulo quatro relata a realização do estudo de caso analisado, abordando assim a aplicação do modelo proposto no capítulo anterior. O capítulo se inicia com uma breve definição da empresa, contextualizando e definindo, em seguida, o problema objeto de estudo deste trabalho. A partir daí, o capítulo relata a sequência das ações realizadas durante todo o projeto de melhoria.

O capítulo final apresenta as conclusões do trabalho realizado, discorrendo sobre os resultados e os ganhos obtidos para a realidade da empresa. Ao final do trabalho são apresentadas as referências da pesquisa realizada, onde consta a listagem das publicações citadas na elaboração do trabalho.

2 CONCEITUANDO LOGÍSTICA, *LEAN* E SEIS SIGMA

O capítulo dois aborda a seguir os conceitos e definições a respeito das três principais áreas abordadas neste trabalho: a Logística, o *Lean* e o Seis Sigma.

2.1 A logística e seu apoio à produção

Segundo Goldsby e Martichenko (2005), existem tantas definições para logística quanto existem profissionais de logística. E isso não deve ser interpretado negativamente, afinal a logística é tão abrangente e tão integrada nos diversos negócios atuais que se torna difícil encontrar uma definição que resuma em poucas palavras tudo o que ela significa.

Ainda assim, Goldsby e Martichenko (2005) afirmam que é justo dizer que qualquer definição de logística precisará envolver a gestão de inventário, seja sob a forma de bens materiais, seja sob a forma de informação. E ressaltam que se não há inventário para movimentar, não há necessidade para logística.

Bowersox e Closs (2010) definem a responsabilidade operacional da logística como diretamente relacionada à disponibilidade de matérias-primas, produtos semi-acabados e estoque de produtos acabados, no local onde são requisitados ao menor custo possível.

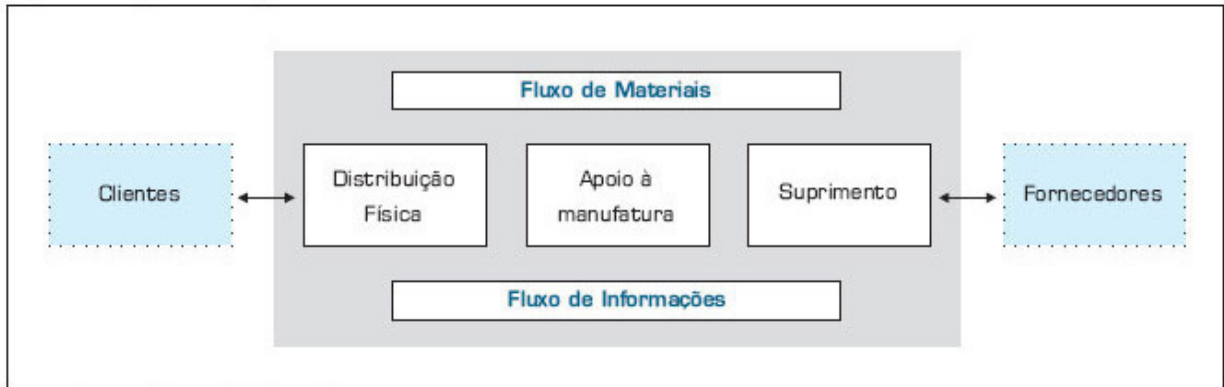
No entanto, tal disponibilidade está diretamente relacionada ao nível de estoque que se pode trabalhar. O desejado é ofertar o serviço de abastecimento de tal modo que se possa manter o mínimo de estoque possível, consistente com o menor custo total possível. Operar com um nível de estoque acima do necessário ajuda a mascarar ineficiências no processo logístico e, até certo ponto, deficiências gerenciais. Porém, isso refletirá em um custo total mais alto do que o necessário.

Além disso, o desperdício logístico de se ter estoques acima do necessário culminará em desperdícios nas operações de armazenagem e manuseio. Isso porque, exigirá maior utilização da mão de obra direta e das máquinas e equipamentos para manuseio de materiais, os quais constituem uma parcela significativa no custo total logístico. Vale ressaltar que quanto menos um material ou produto é manipulado, menor é a possibilidade de avaria e maior é a eficiência geral do depósito (BOWERSOX e CLOSS, 2010).

A logística integrada trabalha os fluxos de materiais e de informações de modo a vincular a empresa e seus clientes. O fluxo de informações integradas tem por objetivo compartilhar tais informações entre os diversos setores da logística de modo a resolver as diferenças entre áreas. O fluxo de materiais por sua vez se inicia com a expedição de matéria prima por um fornecedor e se encerra com a entrega de um produto acabado a um cliente.

Bowersox e Closs (2010) subdividem esse fluxo logístico em suprimentos, apoio à manufatura e distribuição física, conforme a Figura 1.

Figura 1 - A integração logística.



Fonte: Bowersox e Closs (2010).

O apoio à manufatura ocupa-se com o gerenciamento do estoque em processo, participando de uma programação mestre da produção. Sobretudo, disponibilizando materiais e insumos em tempo hábil à produção. Desse modo, o apoio à produção não está envolvido em como a produção ocorre, mas tem sua preocupação em o que é fabricado, onde e quando essa fabricação acontece.

Essa disponibilização de materiais em tempo hábil remete a outra preocupação desse subitem, o manuseio ou manipulação de materiais. Assim, o material precisa estar em perfeitas condições de uso, além de no local, quantidade e momento certos. De um modo geral, um material que não esteja disponível nessas condições para a fábrica, pode acarretar em uma parada de produção, elevando os custos, causando uma possível perda de vendas e ainda podendo a perder um bom cliente.

2.2 Fundamentos do sistema Lean

O sistema *Lean* se originou após a segunda guerra mundial na montadora automotiva japonesa Toyota. Segundo Moura (1992), o mercado industrial japonês estava completamente exausto e afetado economicamente pela crise. A Toyota acumulava prejuízos pela recessão do mercado e por sua baixa produtividade. Embora o sistema de produção em massa, ou sistema Ford, fosse o mais desenvolvido para a época, a empresa estava impedida de utilizá-lo, pois o mercado não absorveria essa produção.

Tal situação levou Taiichi Ohno, vice-presidente da empresa, a desenvolver um método próprio de produção, onde houvesse maior flexibilidade e menores custos. A abordagem desenvolvida objetivava a eliminação de desperdícios, e depois de décadas de

estudo e aperfeiçoamento surgiu o que atualmente se conhece por *Lean Manufacturing*, ou Produção Enxuta (ULIANA, 2007).

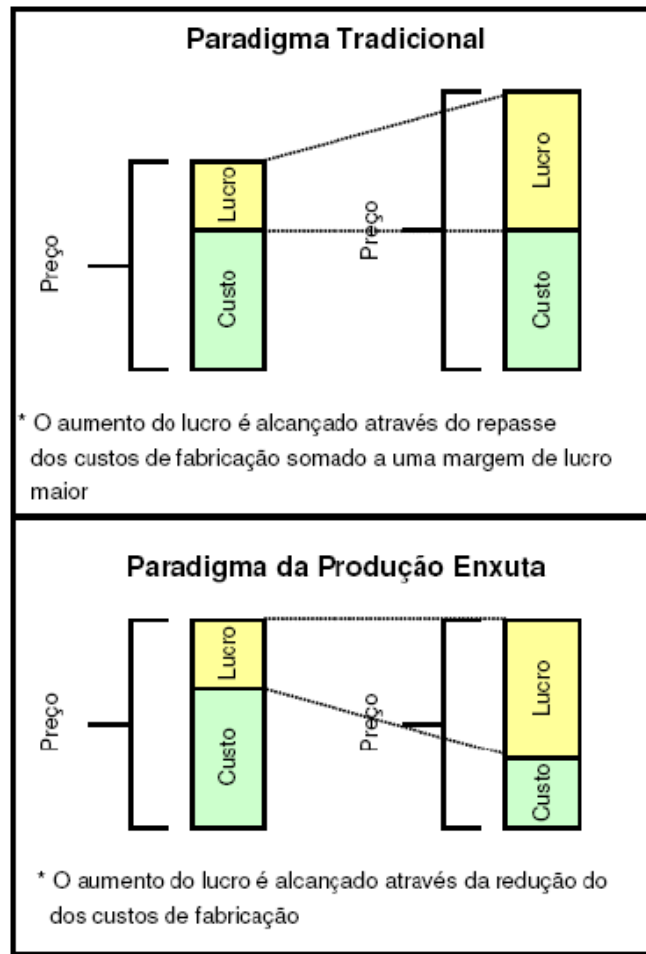
A metodologia *Lean* evoluiu e hoje é utilizada também em ambientes transacionais, a partir de onde ganhou a nomenclatura *Lean*. Segundo o *Lean Enterprise Institute* (2006), a ideia central é maximizar valor para o cliente, eliminando desperdícios. Em síntese, *Lean* significa criar mais valor para os clientes com menos recursos.

O sistema desenvolvido pela Toyota tem suas bases de sustentação em princípios como *just in time*, *kaizen*, fluxo unitário de peças, autonomia e nivelamento da produção, todos também desenvolvidos na empresa japonesa (CARRARO, 2005, *apud* ULIANA, 2007). Alguns desses princípios foram por vezes confundidos com a metodologia de produção enxuta em sua essência. *Kaizen* significa melhoria contínua com a participação de todos, compartilhando-se e construindo-se juntos o conhecimento (IMAI, 1986, *apud* PEIXOTO, 2008). O conceito de *just in time* será discutido mais adiante, ainda neste capítulo.

Contudo, a aplicação simples desses conceitos não significa o sucesso do *Lean* em uma empresa. De acordo com Liker (2005), o sistema *Lean* tem êxito a partir de sua habilidade de cultivar lideranças, equipes e cultura para criar estratégias, construir relacionamento com fornecedores e manter uma organização de aprendizagem. Segundo esse autor, trata-se de uma cultura.

A filosofia *Lean*, como passou a ser chamado o pensamento enxuto, passou a ser percebida e copiada mundo a fora, dado o destaque da Toyota em alta produtividade, confiança dos clientes, velocidade de produção e flexibilidade. Paradigmas passaram a ser quebrados com a implantação da filosofia *Lean* nas empresas. A margem de lucro antes obtida a partir do aumento dos preços, passou a ser alcançada por meio da redução de custos. A Figura 2 expressa bem essa mentalidade.

Figura 2 - Aumento dos lucros na produção em massa e na produção enxuta.



Fonte: Almeida (2006, *apud* Stefanelli, 2010).

Ohno (1998, *apud* STEFANELLI, 2010) relata que reduzir custos significa obter melhorias na eficiência dos processos na indústria ou empresas de modo geral. Afirma ainda, que a verdadeira melhoria na eficiência se tem quando zero defeito é produzido. Desse modo, todo tempo ou esforço de trabalho em um sistema produtivo se converte em tempo ou esforço de agregação de valor ao produto e não é gasto com atividades que não agregam valor ao produto, ou seja, desperdícios.

Segundo o *Lean Institute* Brasil (2012), três termos são comumente utilizados na classificação das práticas que geram desperdícios a serem eliminados nos sistemas produtivos: *Muda*, *Mura* e *Muri*. Abaixo será apresentado cada um desses tipos de desperdício.

2.2.1 *Muda*

Significa trabalho que não agrega valor. Divide-se em sete tipos de desperdícios:

- a) superprodução: trata-se de produção além da demanda, ou produção antecipada, resultando em excesso de inventário, superalocação de espaço físico para armazenagem, utilização dos recursos em excesso;
- b) espera: ocorre pelo fato de se ter que esperar para processar um determinado produto. Pode ser tanto espera de processamento como de material. Acarreta em desperdícios de tempo, mão de obra, alocação de máquinas;
- c) movimentação e transporte: dá-se quando há movimentação excessiva de materiais ou produtos. O transporte corresponde somente à movimentação de produtos ou materiais, o que não traz agregação de valor ao produto. Culmina em desperdícios de energia, utilização de recursos;
- d) perda de processamento: corresponde ao ato de se acrescentar mais trabalho ou esforço ao produto, além das especificações demandadas pelo cliente;
- e) movimentos improdutivos: excesso de movimentos realizados pelos operadores no processo industrial. Movimentos que não agregam valor e não são necessários devem ser evitados, pois levam a estresse dos operadores, baixa produtividade, e até excesso de mão de obra;
- f) fabricação de defeituosos: trabalho que apresenta erros, retrabalho, enganos ou falta de algo necessário, ou ainda, erros no processamento da informação, baixo desempenho na entrega. Todos esses são tipos de desperdícios, haja vista que o cliente não está interessado em produtos ou serviços defeituosos;
- g) estoque: armazenagem excessiva de matéria prima, estoque em processo ou produtos acabados. Estoque em excesso é desperdício de capital parado (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2012).

2.2.2 Mura

É o desperdício causado pela irregularidade na operação de um processo, causado não pelo consumidor final. Em outras palavras, significa trabalho desbalanceado e acontece quando trabalhadores operam em ritmo superacelerado pela manhã e ficam parados ao final do dia (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2012).

2.2.3 Muri

É a sobrecarga de equipamentos, instalações e pessoas, em geral causadas por *mura* e *muda* (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2012). Significa colocar ou expor uma máquina ou pessoa além de seus limites. Sobrecarga de pessoas resulta em problemas de qualidade e segurança. Sobrecarga de equipamentos leva a quebras e defeitos.

O resultado inevitável é que *mura* gera *muri*, que enfraquece esforços anteriores para eliminar *muda* (WOMACK, 2006). Pensamento *Lean*, portanto, caracteriza-se na eliminação de todo e qualquer tipo de desperdício, com o objetivo de criar mais valor para o cliente, utilizando menos recursos.

2.2.4 5S

Para que se atinja um ambiente de trabalho de alto desempenho, alguns princípios básicos devem ser observados e trabalhados anteriormente. O 5S é uma prática de trabalho utilizada para melhoria de processos, que têm como objetivo criar um espaço de trabalho que permita controle visual e execução de tarefas de forma enxuta (PEIXOTO, 2008). Baseia-se em cinco sentidos originados no Japão, na Toyota após a segunda guerra mundial. Denomina-se 5S por corresponder a cinco palavras japonesas iniciadas com a letra “S”, conforme se observa abaixo:

- a) *seiri* (senso de utilização): significa, basicamente, separar aquilo que é necessário para o trabalho, do que é desnecessário, eliminando o desnecessário;
- b) *seiton* (senso de arrumação): trata-se de agrupar as coisas necessárias, conforme a facilidade de usá-las, levando-se em conta a frequência de sua utilização. Um ambiente de coisas ordenadas, necessariamente fica mais arrumado, mais agradável para o trabalho e, desta forma, mais produtivo;
- c) *seiso* (senso de limpeza): refere-se à ideia de limpeza do ambiente. Deve-se manter o ambiente limpo e, sobretudo, preservá-lo limpo. A limpeza deve ser encarada como uma oportunidade de inspeção e de reconhecimento do ambiente;
- d) *seiketsu* (senso de saúde e higiene): significa a manutenção do ambiente de modo a conservar sempre a saúde e a higiene. Condições inseguras devem ser eliminadas e diretrizes criadas para a manutenção de um ambiente saudável e seguro;
- e) *shitsuke* (senso de autodisciplina): consiste em tornar os sentidos anteriores em hábito, uma cultura de trabalho. É o próprio fato de se trabalhar com disciplina, de modo a cumprir com direitos e deveres previamente estabelecidos (PEIXOTO, 2008).

2.2.5 Just in time

Segundo Ritzman e Krajewski (2004), o sistema *just in time* concentra-se em reduzir ineficiências e tempo improdutivo nos processos, com o objetivo de aperfeiçoar

continuamente o processo e a qualidade dos produtos fabricados ou dos serviços prestados. O sistema visa, principalmente, a redução dos estoques, pois acredita que, tradicionalmente, esse é utilizado para evitar descontinuidades do processo produtivo, face a diversos problemas de produção (CORRÊA e CORRÊA, 2006).

Desse modo, segundo Corrêa e Corrêa (2006), o objetivo do *just in time* é a redução dos estoques de modo que os problemas fiquem visíveis e possam ser eliminados por meio de esforços concentrados e priorizados. A partir da aplicação de seus princípios, o sistema *just in time* visa a fazer com que o sistema produtivo alcance melhores índices de qualidade, maior confiabilidade de seus equipamentos e maior flexibilidade.

2.2.6 Sistema Kanban

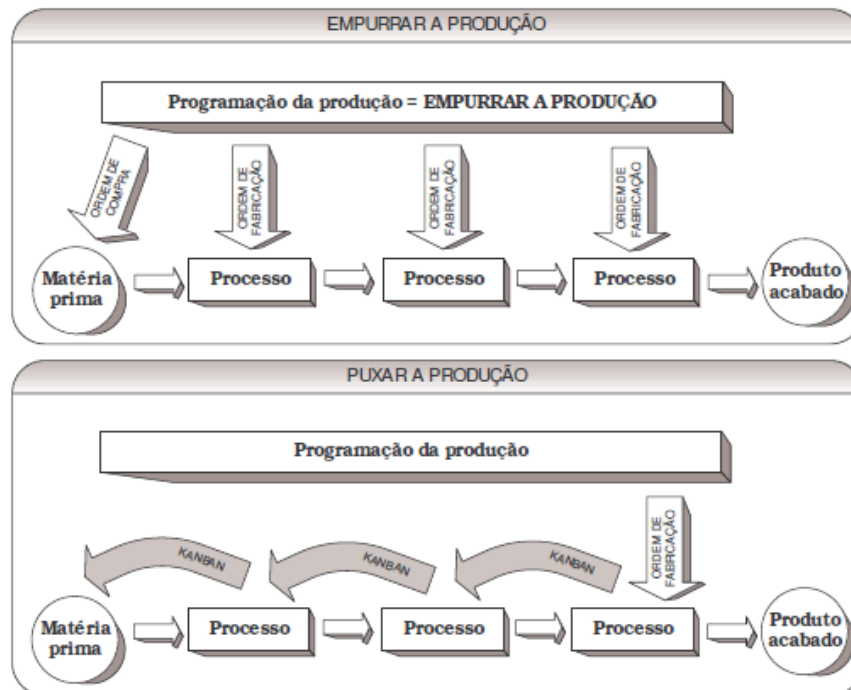
Kanban é uma técnica de gestão de materiais e de produção no momento exato (“*just in time*”), que é controlado por meio do movimento do cartão (*kanban*) (MOURA, 1992). Trata-se de um método de puxar as necessidades de produtos ou materiais, de um modo simples, de autocontrole a nível de fábrica, e independente de gestões paralelas e controles computacionais.

Também foi desenvolvido por Taiichi Ohno na Toyota no período pós-segunda guerra mundial, e compõem o sistema *Lean*. Ohno percebeu que o sistema de produção em massa, utilizado nos EUA e na maior parte do mundo, era eficiente na redução do custo unitário de produtos em períodos de alto crescimento econômico. No entanto, para períodos de baixa no crescimento da economia, provocados por crise econômica, o sistema em massa era falho, pois criava “desperdícios” causados pelos excessos de produção inerentes ao próprio sistema.

Moura (1992) afirma que segundo Ohno, tudo que existir além da quantidade mínima de materiais, peças, equipamentos, e operários (horas de trabalho), necessários para fazer um dado produto, é perda, desperdício, e, portanto, só aumentam os custos em todo o sistema. Daí surgiu o sistema *kanban* de produção, como um programa para melhorar a produtividade e envolver a mão de obra.

O sistema tradicional de produção trabalha de maneira a programar cada etapa do processo fabril. O *Lean* implementa sua ideologia de modo a programar somente a última etapa do processo, em função da ordem de pedido do cliente. A produção passa a ser puxada, pelo cliente. A Figura 3 exemplifica a diferença entre produção empurrada e puxada.

Figura 3 - Sistemas de empurrar ou puxar a produção.



Fonte: Tubino (1997, *apud* PEINADO e GRAEML, 2007).

O *kanban* é, nesse contexto, uma ferramenta de extrema importância para operacionalizar o fluxo das operações de produção puxada. Isso porque é ele o sinalizador para uma determinada produção ou movimentação. Só existe produção em um processo anterior de acordo com o que as linhas de produção subsequentes podem absorver (PEINALDO e GRAEML, 2007).

A operação de um sistema de programação puxada se dá, em geral, a partir da utilização de um sistema *kanban*, que em sua forma padrão normalmente emprega quatro dispositivos, abaixo relacionados (TUBINO, 2009):

- a) cartão *kanban*;
- b) painel ou quadro porta *kanban*;
- c) contenedor;
- d) supermercado.

O sistema *kanban* funciona, de modo geral, com a montagem prévia de um estoque intermediário (supermercado), entre o fornecedor e o cliente, onde os itens são colocados em lotes padrões dentro de contenedores com sinalizações (cartões *kanban*). Uma vez esvaziado um contenedor devido ao consumo de um cliente, esse deve pôr o cartão *kanban* na devida posição no quadro porta *kanban* e disponibilizar o contenedor vazio para reposição. Por sua vez, o fornecedor estará autorizado, sempre que houver cartões no quadro,

a, segundo regras de reposição, pegar um cartão e providenciar a reposição do material consumido, conforme o lote padrão. Recolocando, dessa forma, o contenedor e o cartão de volta no supermercado (TUBINO, 2009).

2.2.6.1 Cartão Kanban

Segundo Moura (1992), a tradução literal de *kanban* é “registro visível” ou “placa visível”. De maneira mais geral, *kanban* passou a significar “cartão”. Em geral, o sistema *kanban* utiliza cartões como sinalização visual em painéis ou quadros porta *kanban*.

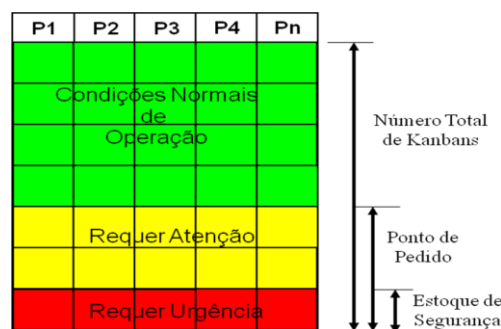
Tubino (2009) relata a utilização de 3 tipos de cartões *kanban*. Cartão *kanban* de produção ou montagem, que é utilizado para autorizar a fabricação ou montagem de determinado lote de itens. Cartão *kanban* de movimentação, que permite a movimentação de itens dentro da fábrica, segundo a lógica da programação puxada. E ainda cartão *kanban* de fornecedor, por meio do qual, fornecedores parceiros ficam previamente autorizados a reporem os lotes padrões dos itens diretamente na linha de produção dos clientes, a partir do recebimento dos cartões.

As informações contidas nos cartões *kanban* irão variar de acordo com o tipo de seu emprego e necessidades da empresa. De acordo com Tubino (2009), cada empresa confecciona seus próprios cartões conforme suas necessidades de informações. Em geral, as informações utilizadas na ampla maioria dos casos são: descrição do item; código do item; tamanho padrão do lote; local onde o lote deve ser armazenado; centro fornecedor; centro cliente; tipo de contenedor para esse item.

2.2.6.2 Painel ou Quadro kanban

O quadro *kanban* é utilizado em conjunto com o cartão *kanban* no sistema de produção puxada para sequenciar as necessidades de reposições dos supermercados. A Figura 4 exibe uma visualização tradicional de um quadro *kanban*.

Figura 4 - Painel ou quadro porta-kanban.



Fonte: Tubino (2009).

Assim, cada coluna em um quadro *kanban* corresponde a um determinado item existente no supermercado, como ilustra a Figura 4. Cada coluna é subdividida em células, que determinam as quantidades de cartões por coluna, ou seja, por item. Pode-se trabalhar com um cartão *kanban* por célula, ou, em casos em que se utilizam muitos cartões por item, mais de um cartão *kanban* por célula.

As cores verde, amarelo e vermelho, em geral, são utilizadas para a gestão das prioridades no sistema *kanban*. A ordem de preenchimento segue o sentido da cor verde para a vermelha. Significa dizer que, à medida que os cartões de um mesmo item vão sendo colocados no quadro pelo cliente, e atingindo uma região do quadro de coloração diferente, o nível de urgência daquele item vai aumentando.

2.2.6.3 Contenedores e Supermercado

Contenedores são recipientes predefinidos para a alocação dos lotes padrões dos itens colocados à disposição dos clientes no supermercado, sob controle do sistema *kanban*. Um supermercado *kanban* corresponde a um local predeterminado para armazenagem dos itens controlados pelo sistema *kanban* (TUBINO, 2009). A rigor apresenta a mesma finalidade de um supermercado como se conhece, inclusive foi o que inspirou Ohno na criação do sistema de produção puxada (MOURA, 1992).

Os supermercados recebem, portanto, os contenedores com os lotes padrões e os cartões *kanban* dos itens controlados pelo sistema *kanban*. Devem ser instalados no chão de fábrica o mais próximo possível dos fornecedores e clientes, pois o sistema de produção puxada levará a uma redução da quantidade de itens estocados e um aumento do giro dos lotes (TUBINO, 2009).

2.2.6.4 Dimensionamento do sistema Kanban

O dimensionamento do sistema *kanban* corresponde, na verdade, ao planejamento dos supermercados. Para tanto, faz-se necessário que se definam duas variáveis (TUBINO, 2009):

- a) o tamanho do lote para cada cartão;
- b) o número de lotes, ou cartões, que comporão o supermercado desse item.

Inicia-se o dimensionamento pelo tamanho do lote padrão para cada item, pois ele será base para o cálculo do número total de lotes padrões, ou seja, o número de cartões que será utilizado no sistema. Tubino (2009) relata que, em teoria, deve-se trabalhar com lotes tão menores quanto possível, utilizando o cálculo de lotes econômicos.

No entanto, ele afirma que, na prática, existem alguns fatores logísticos operacionais de armazenagem e fornecimento que irão balizar a definição do tamanho do lote no sistema *kanban*. O tamanho do contenedor, tamanho do lote de produção do equipamento fornecedor, limitações de peso para movimentações manuais, ou ainda a dinâmica de consumo pelo cliente são exemplos de fatores que podem predeterminar o tamanho do lote padrão.

Feitas as devidas considerações e de posse dos dados necessários, pode-se projetar o número de lotes que comporão o estoque por item no supermercado, de modo a manter abastecido o cliente do processo. Tubino (2009) sugere para tanto a Fórmula (1), abaixo.

$$Nk = \frac{D}{Q} \cdot Nd \cdot (1 + S) \quad (1)$$

Sendo,

Nk = Número total de cartões *kanban* no supermercado;

D = Demanda média diária do item;

Q = Tamanho do lote do cartão *kanban*;

Nd = Número de dias de cobertura da demanda no supermercado;

S = Segurança no sistema em percentual de cartões.

Existem duas formas predominantes de se montar um sistema *kanban*, utilizando-se um ou dois tipos de cartões, conforme se apresenta a seguir (PEINADO e GRAEML, 2007).

2.2.6.5 Sistema de um cartão

Nesse sistema são utilizados um tipo de cartão e um quadro *kanban*. Inicialmente o quadro está vazio, o que significa que o estoque do supermercado está cheio, ainda não houve consumo por parte do cliente do processo e o cartão está fixado ao contenedor. Em seguida, ao precisar de material para consumo, o cliente do processo retira o cartão do contenedor, coloca-o no quadro e passa a consumir o material do contenedor (PEINADO e GRAEML, 2007).

A partir do cartão *kanban* no quadro, a área de fornecimento do item toma o cartão como uma ordem de fabricação do item e inicia o processo de reabastecimento do estoque do supermercado. Finalizado o reabastecimento do estoque, o fornecedor retira o cartão do quadro e o devolve ao contenedor novamente. Assim, a situação volta a ser a mesma do início do processo, na qual o quadro está vazio, o estoque do supermercado está cheio, e o cartão está fixado ao contenedor (PEINADO e GRAEML, 2007).

2.2.6.6 Sistema de dois cartões

No sistema com dois cartões, são utilizados dois tipos de cartões e dois quadros *kanban*. Um dos quadros fica localizado na área fornecedora e o segundo na área cliente. Os cartões diferem conforme o tipo de sua finalidade, sendo um chamado de cartão de movimentação, usado pelo setor cliente, e o outro chamado de cartão de produção, que é utilizado pelo setor de produção do item (PEINADO e GRAEML, 2007).

Inicialmente ambos os quadros estão vazios, ou seja, sem cartões. Os contenedores estão cheios, logo, o supermercado abastecido. Ao precisar de material para consumo, o cliente do processo retira o cartão de movimentação do contenedor, coloca-o no quadro e passa a consumir o material que estava naquele contenedor (PEINADO e GRAEML, 2007).

Em seguida, a área de fornecimento, percebendo que há um cartão de movimentação no quadro da área cliente, toma o cartão como uma requisição de material e o leva para a área de fornecimento. Peinado e Graeml (2007) ressaltam que a área fornecedora pode ser um fornecedor externo.

Ao chegar à área de fornecimento, o fornecedor retira o cartão de produção do contenedor cheio e o coloca no quadro *kanban* de produção. O contenedor cheio é então levado juntamente com o cartão de movimentação para a área de consumo. A área de fornecimento do item toma o cartão de produção como uma ordem de fabricação do item e inicia o processo de produção na quantidade necessária para reabastecimento do contenedor. Ao preencher o contenedor, a área de fornecimento retira o cartão de produção do quadro *kanban* e o devolve ao contenedor.

Assim, a situação volta a ser a mesma do início do processo, na qual ambos os quadros estavam vazios e os contenedores cheios, com os cartões fixados a eles. Apesar de todos os benefícios positivos ofertados pelo sistema, o *kanban* de dois cartões provoca a geração de estoque duplo, pois existe um contenedor cheio no supermercado do cliente e um outro similar na saída do processo fornecedor. Enquanto o *kanban* de um só cartão só necessita de um contenedor na entrada do processo cliente.

2.2.7 Logística e Lean

De acordo com Goldsby e Martichenko (2005), o impacto do *Lean* na logística é significativo. Segundo os autores, um equívoco comum é achar que a filosofia *Lean* encontra aplicação somente em ambientes de manufatura. Como abordado anteriormente, o objetivo do

Lean é eliminar os desperdícios, reduzir estoque de material em processo, e consequentemente, diminuir *lead time*, aumentando o fluxo e a velocidade dos processos.

Há ainda, outro fator comum entre a Logística e o *Lean*. Segundo Goldsby e Martichenko (2005), trata-se de um elemento vital na cultura *Lean* e crucial na Logística: o custo total. O profissional *Lean* deve ser focado na redução do custo total e não em fatores individuais de custo como transporte, ou armazenagem.

Infelizmente, ainda são muitas as indústrias que trabalham com o conceito de custos logísticos individuais. Com custos de estoque representando 15 a 40 por cento dos custos logísticos totais para muitas indústrias, a tomada de decisões com base no custo total tem implicações dramáticas para a logística (GOLDSBY e MARTICHENKO, 2005).

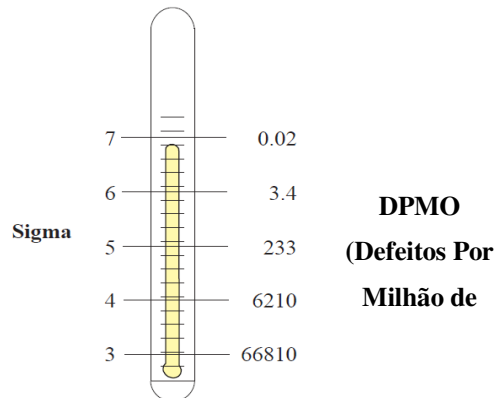
2.3 Seis Sigma

Seis Sigma é uma metodologia de gerenciamento que tenta entender e eliminar os efeitos negativos da variação em processos (GOLDSBY e MARTICHENKO, 2005). Segundo McCarty *et al.* (2004), Seis Sigma pode ser tratado como uma métrica, uma metodologia ou sistema de gestão.

Enquanto métrica, McCarty *et al.* (2004) definem seis sigma como a medida usada para avaliar o desempenho do processo e dos resultados dos esforços de melhoria, sobretudo, como uma forma de medir qualidade. Seis sigma é utilizado para medir qualidade por tratar-se de um padrão que reflete o grau de controle sobre todo o processo, para atender o padrão de desempenho estabelecido para aquele processo.

Sigma é uma escala universal. McCarty *et al.* (2004) comparam-no com uma balança que é usada para medir peso, ou um termômetro usado para medir temperatura, vide Figura 5. A escala sigma é usada para medir defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), sendo o referencial “seis sigma” equivalente a 3,4 defeitos por milhão de oportunidades. Um processo é dito seis sigma quando a distância entre a média do processo e o limite de especificação mais próximo é seis vezes o desvio padrão, logo 6σ .

Figura 5 - Escala sigma.

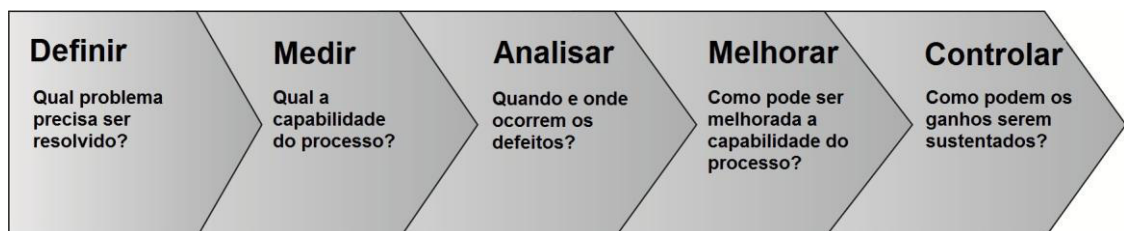


Fonte: MCCARTY *et al.* (2004), tradução nossa.

A redução da variabilidade é o foco principal da metodologia Seis Sigma. Acredita-se que é possível entender e reduzir a variação nos processos, a partir da implantação de ações de melhoria que centralizarão o processo e o assegurarão precisão e confiabilidade em torno das expectativas dos clientes (GOLDSBY e MARTICHENKO, 2005). Visto que não existe processo sem variação, o objetivo é reduzi-la a níveis baixíssimos por meio de projetos de melhoria contínua, tratando-a como uma falha intrínseca ao processo (RATH & STRONG, 2001, *apud* PEIXOTO, 2008).

Goldsby e Martichenko (2005) abordam DMAIC como a metodologia “espinha dorsal” dos esforços de melhoria Seis Sigma. A sigla DMAIC significa Definir (*Define*), Medir (*Measure*), Analisar (*Analyze*), Melhorar (*Improve*), Controlar (*Control*), oriunda dos termos em inglês entre parênteses. Segundo eles, DMAIC é um meio para um fim. Tal ciclo, portanto, fornece o roteiro, não necessariamente determina o final. Sua finalidade maior é permitir e orientar a aplicação de ferramentas para buscar e enxergar oportunidades de melhoria em um determinado processo ou negócio. A Figura 6 mostra as fases do DMAIC em sequência.

Figura 6 - O método DMAIC.



Fonte: Goldsby e Martichenko (2005), tradução nossa.

Profissionais treinados em Seis Sigma usarão o modelo DMAIC, uma abordagem “passo a passo” que ajuda a entender e melhorar os objetivos da organização, para reduzir a variação nos processos e tentar atingir a “qualidade seis sigma”, ou seja, 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (GOLDSBY e MARTICHENKO, 2005).

2.3.1 Seis Sigma e a Logística

O conceito de redução da variação é fundamental para os profissionais de logística. Logística refere-se a gerenciamento de inventários, e gerenciamento de inventários refere-se a gerenciamento de variação. Por exemplo, estoques de segurança são inventários necessários para a cobertura de demandas desconhecidas, ou seja, da variabilidade do processo (GOLDSBY e MARTICHENKO, 2005).

Essa variabilidade é normalmente ocasionada pela variação da qualidade dos fornecedores, da confiabilidade dos transportes, da capacidade dos processos de fabricação ou dos padrões de demanda dos clientes. Assim, caso fosse entendida e controlada a variação dos processos desde o fornecedor até o cliente, seria possível reduzir drasticamente a dependência dos estoques de segurança (GOLDSBY e MARTICHENKO, 2005).

2.4 Logística *Lean* Seis Sigma

Logística *Lean* Seis Sigma (LLSS) é nada mais que a aplicação conjunta, e metódica, desses três conceitos, todos abordados neste trabalho. Entende-se que os três campos de conhecimento se complementam de modo que, postos juntos de maneira ordenada, resultam em uma ferramenta poderosa para a melhoria contínua do processo logístico de uma empresa.

Recapitulando e resumindo os conceitos apresentados, tem-se:

- a) logística refere-se à gestão de inventários;
- b) *lean* trata de velocidade, fluxo e eliminação de desperdícios;
- c) seis sigma aborda o entendimento e a redução da variabilidade de processos.

Portanto, pode-se definir Logística *Lean* Seis Sigma como a eliminação de desperdícios por meio de esforços disciplinados para entender e reduzir a variação, aumentando a velocidade e o fluxo na cadeia de suprimentos (GOLDSBY e MARTICHENKO, 2005).

3 ABORDAGEM DO *LEAN* SEIS SIGMA NA LOGÍSTICA DE APOIO À PRODUÇÃO

O capítulo terceiro faz uma abordagem do procedimento utilizado na execução do projeto de melhoria que se discute neste trabalho. Aqui são apresentadas as etapas, ferramentas e métodos utilizados na integração das metodologias *Lean* e Seis Sigma junto à logística de apoio à produção.

3.1 Ideologia da abordagem

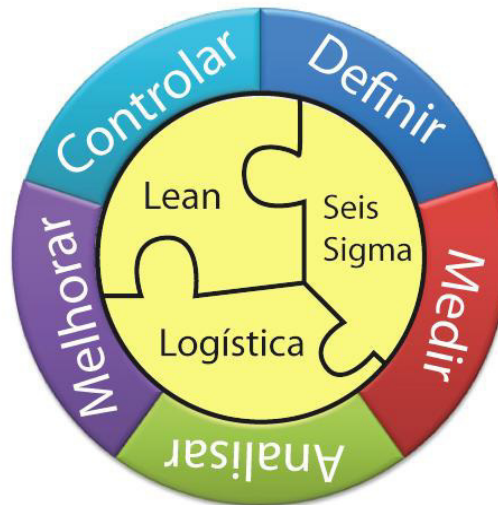
O presente capítulo aborda as etapas do método proposto para a redução de movimentação de matéria prima na logística de apoio à produção. O método está inteiramente baseado na metodologia *Lean* Seis Sigma aplicada à Logística. Particularmente, o método se baseia no modelo apresentado por Goldsby e Martichenko (2005), que apresentam bibliografia criando um modelo para concepção e implementação de estratégias logísticas baseadas nos princípios *Lean* e Seis Sigma.

O método aqui apresentado, conhecendo as limitações e proposições de cada metodologia, se propõe a aplicar de forma integrada *Lean* e Seis Sigma, no campo de conhecimento da Logística de apoio à produção. A proposta é integrar a necessidade do controle e gestão de estoques da Logística com a filosofia de eliminação de desperdícios do *Lean* e a busca pela mínima variação proposta pelo Seis Sigma.

A estrutura do método segue, portanto, a sequência do ciclo DMAIC, apresentado no capítulo dois deste trabalho. A metodologia DMAIC é composta de cinco fases com objetivos específicos e bem distintos. Em cada uma dessas fases podem ser utilizadas diversas ferramentas, que serão determinadas de acordo com a natureza do problema e o objetivo de cada fase.

A Figura 7 demonstra o modelo da abordagem proposta neste trabalho, e expressa a ideia do método proposto, que é integrar, de forma que se complementem, as metodologias *Lean* e Seis Sigma, junto aos princípios da Logística.

Figura 7 - Modelo do método proposto.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

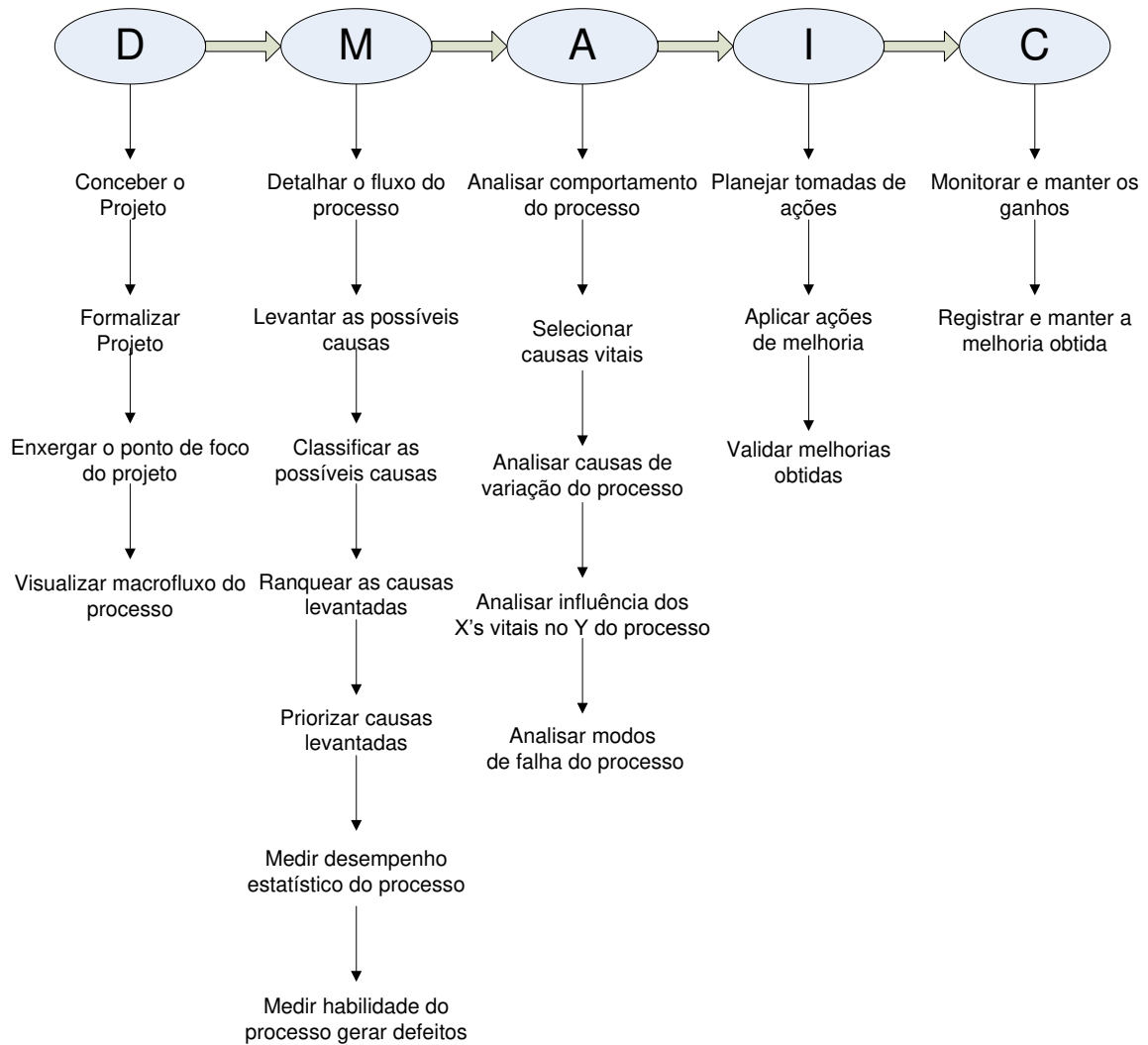
3.2 Sistemática do Método

O método proposto apresenta a aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma* na Logística de apoio à produção. Esta seção discute a sistemática do método proposto, ou seja, como é abordada sua aplicação.

Conforme já mencionado, o método proposto utiliza a metodologia DMAIC como passo a passo na obtenção do resultado esperado pelo projeto. No entanto, apesar de servir como guia na estrutura de um projeto, a metodologia DMAIC aponta o racional em uma visão macro para obtenção de um resultado. A estrutura de um projeto *Lean Seis Sigma* na Logística exige o uso de ferramentas em um nível mais detalhado do processo.

Felizmente existem várias ferramentas que podem ser aplicadas em um projeto *Lean Seis Sigma* a fim de alcançar seus objetivos. Todavia, antes de definir as ferramentas que serão utilizadas, devem-se planejar os objetivos que se quer obter em cada etapa, de cada uma das fases do projeto. Desse modo, foi elaborado um modelo racional no planejamento das fases do projeto, conforme demonstra a Figura 8.

Figura 8 - Sistemática do modelo proposto com identificação das fases e suas etapas.

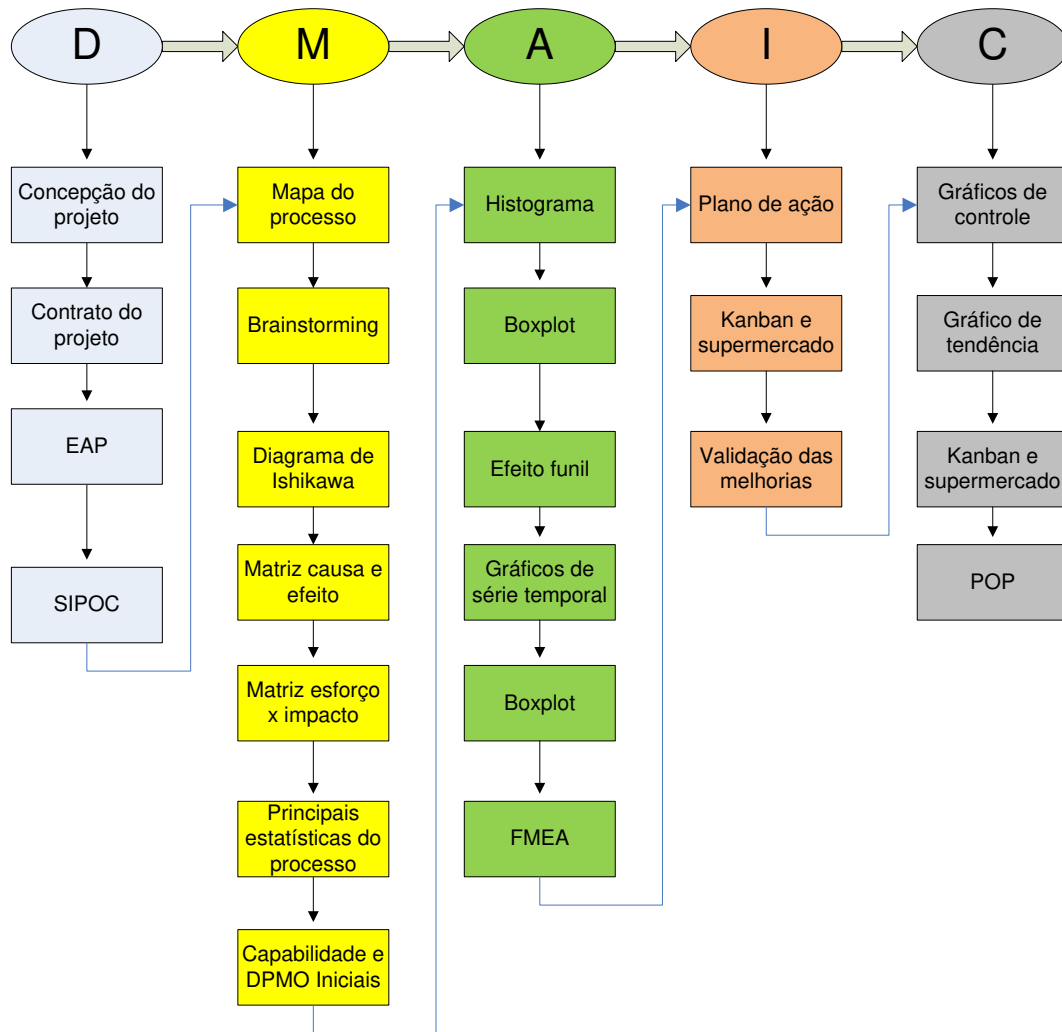


Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Conforme se observa na Figura 8, as elipses com as letras iniciais das fases do DMAIC identificam as etapas macro do projeto. As setas verticais indicam a sequência de ações que deve ser seguida na execução de um projeto de melhoria, segundo o método proposto.

Tendo conhecido o mapa racional para execução do projeto, podem-se agora determinar as ferramentas que serão utilizadas, segundo o objetivo de cada etapa. Desse modo, serão apresentadas a seguir as ferramentas a serem aplicadas neste método, bem como a sequência e a interdependência entre cada uma delas. A Figura 9 mostra a configuração do método proposto, relacionando as etapas do projeto e as ferramentas utilizadas em cada fase.

Figura 9 - Sistemática do modelo proposto com identificação das fases e suas ferramentas.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Na Figura 9 as elipses com as letras iniciais das fases do DMAIC identificam as etapas macro do projeto. As setas verticais indicam a sequência que deve ser seguida quanto à utilização de cada ferramenta dentro de cada fase. Encerrado o uso da última ferramenta no sentido vertical, deve-se passar para a fase seguinte, dando continuidade ao projeto segundo o mesmo raciocínio.

A partir do contrato do projeto, cada ferramenta posterior complementa a anterior dando maior profundidade no conhecimento no problema. Em geral, uma ferramenta situada acima da posterior fornece-lhe entradas para sua execução. Ao fim deste trabalho, o método demonstra que, aplicadas conjuntamente, as ferramentas apresentadas podem proporcionar uma melhoria significativa ao processo de movimentação de matéria prima na logística de

apoio à produção. A seguir, serão descritas as fases do método proposto, seus respectivos objetivos, bem como a descrição das ferramentas utilizadas em cada uma delas.

3.3 Metodologia DMAIC

O método DMAIC é composto de cinco fases, sendo iniciado pela fase Definir. Essa fase tem como objetivo dar uma visão geral sobre o projeto, definir claramente seu escopo e identificar seus *stakeholders*, ou seja, as partes interessadas ou afetadas pelo projeto de melhoria (PEZEIRO; SACOMAN e FRANCATO, 2010).

A fase Medir objetiva mensurar o desempenho e determinar a variabilidade do processo, antes de uma intervenção no mesmo. Nela, são usadas ferramentas que auxiliam a obter as métricas Seis Sigma. Na fase de Análise devem-se identificar quais são as variáveis de saída (Y) do processo e listar potenciais fontes de variação (X's). Nesta fase, objetiva-se encontrar as fontes de variação vitais, ou seja, aquelas que realmente afetam a variação do processo e que são responsáveis pela geração de defeitos no processo analisado.

Na sequência, a fase de Melhoria trata da tomada de ações sobre o processo. Tais ações devem ser tomadas com base nas principais causas de variação, identificadas na fase de análise. Deve-se, nesta parte do ciclo DMAIC, confirmar que o processo melhorou e validar os benefícios esperados pela organização (PEZEIRO; SACOMAN e FRANCATO, 2010). Em seguida, inicia-se a fase Controlar, que visa a implementar os mecanismos necessários para o monitoramento contínuo do desempenho do processo, com o objetivo de garantir a sustentação das melhorias ao longo do tempo.

A partir deste ponto, o presente capítulo discorre sobre as ferramentas aplicadas, com o intuito de se alcançarem os objetivos de cada fase relatada acima. Apesar de algumas ferramentas terem sua origem oriundas do *Lean* enquanto outras do Seis Sigma, este trabalho as apresenta de forma integrada.

Isso porque, o profissional da logística precisa simplesmente saber qual ferramenta utilizar e quando ela pode ser melhor utilizada. Desse modo, as ferramentas apresentam-se classificadas conforme as seguintes categorias: a) planejamento e estratégia; b) resolução de problemas; c) operacionais; d) e de medição (GOLDSBY e MARTICHENKO, 2005). Procedimentos e técnicas associados à ideia categorizada são também apresentados no decorrer do capítulo a fim de compor a abordagem que se apresenta.

3.4 Ferramentas de planejamento e estratégia

Nesta seção são apresentadas as ferramentas utilizadas para planejamento e estratégia, que ajudam a determinar a direção e o escopo do projeto de melhoria *Lean Seis Sigma* na Logística.

3.4.1 Contrato do projeto

O contrato é o documento de abertura do projeto. Deve ser validado por um patrocinador e deve conter resposta para as seguintes perguntas: Qual o problema? Onde ele ocorre? Quais são os clientes do projeto? Quais as premissas e restrições? Qual o objetivo do projeto? Qual a equipe de trabalho? Quais os impactos esperados na organização? (PEZEIRO; SACOMAN e FRANCATO, 2010).

O Contrato do Projeto deve também definir qual será o *KPI (Key Performance Indicator)* do projeto, ou Indicador Chave de Desempenho. Esse é o indicador ou métrica do negócio, que confirmará, ou não, o sucesso do projeto após seu término. Pode-se definir mais de um *KPI* para um mesmo projeto, inclusive criá-los, caso não existam, e daí serem monitorados após o término do projeto.

3.4.2 Estrutura analítica do projeto (EAP)

A estrutura Analítica do projeto ou EAP é uma ferramenta bastante utilizada no cotidiano daqueles que trabalham com gerenciamento de projetos. A EAP permite organizar e definir o escopo total do projeto. Trata-se da decomposição hierárquica orientada à entrega do trabalho a ser executado pela equipe do projeto, para atingir os objetivos do projeto e criar as entregas necessárias (BOLLES e FAHRENKROG, 2004).

Segundo Bolles e Fahrenkrog (2004), essa ferramenta apresenta por meio de um diagrama uma visão geral do processo e tem por objetivo identificar onde está o problema a ser solucionado. A EAP pode ser utilizada para estratificar uma determinada ideia em detalhes cada vez menores. O objetivo é dividir um grande problema em seus componentes menores, a fim de alcançar um nível onde o problema seja mais fácil de ser resolvido (PYZDEK e KELLER, 2010).

3.4.3 Matriz de causa e efeito

É utilizada para priorizar as entradas do processo de acordo com o impacto de cada uma nas saídas ou requerimentos do cliente (GOLDSBY e MARTICHENKO, 2005). A Matriz Causa e Efeito tem por objetivo hierarquizar as potenciais causas, segundo seu impacto no processo estudado. O Quadro 1 apresenta um modelo para elaboração de Matriz

Causa e Efeito. A seguir são apresentadas as devidas orientações para a elaboração da Matriz de Causa e Efeito (PEZEIRO; SACOMAN e FRANCATO, 2010):

- a) inicialmente, devem-se identificar os principais requisitos dos clientes (saídas), que podem ser obtidos a partir do mapa de processo;
- b) em seguida, deve-se estabelecer uma ordem de classificação e designar-se um fator de prioridade para cada saída. Em geral, usa-se uma escala de 1 a 10 para essa finalidade;
- c) o passo seguinte é relacionar todas as etapas e materiais do processo, ou seja, as entradas identificadas no *brainstorming* e diagrama espinha de peixe;
- d) então, avalia-se a correlação entre cada entrada e saída, segundo uma pontuação de 0 a 10, onde 10 significa forte correlação e 0 nenhuma correlação;
- e) por fim, realiza-se uma multiplicação entre os valores correlacionados e os fatores de prioridade, a fim de se obter uma nota final para cada entrada.

Quadro 1 - Matriz causa e efeito.

MATRIZ CAUSA e EFEITO							
10-9-8: Forte Correlação		7-6-5-4: Média Correlação		3-2-1: Baixa Correlação		0: Não há correlação	
Índice de Importância		10	8	7	TOTAL	Esforço de Eliminação da Variável de Entrada	
X's do Processo		Y ¹	Y ²	Y ³			
X ₁							
X ₂							
X ₃							
...							
X _n							

Fonte: Pezeiro, Sacoman e Francato (2010).

Finalizada a multiplicação de obtenção da nota final de correlação de cada entrada, a coluna “TOTAL” terá o Impacto de cada X, ou cada variável de entrada, no(s) *KPI's* do projeto.

3.4.4 Matriz esforço x impacto

Trata-se de uma ferramenta que proporciona avaliar, para cada entrada, quais são aquelas em que vale a pena começar a tomar ações para reduzir os defeitos no processo, com base em seu impacto no processo e esforço relativo de implementação (PEZEIRO; SACOMAN e FRANCATO, 2010). A Matriz Esforço x Impacto é preenchida a partir da

classificação final resultada da Matriz de Causa e Efeito. Obtida a nota final relativa ao impacto de cada entrada na matriz anterior, deve-se preencher a coluna à direita segundo o esforço para solução de cada variável de entrada, classificando-o em “alto” ou “baixo”.

A partir daí, podem ser classificadas as variáveis de entrada na Matriz Esforço x Impacto, haja vista que se têm os valores de impacto de cada variável, bem como a classificação quanto a seu esforço de eliminação. O racional sugerido por esse modelo para se identificar a "linha de corte" do impacto a ser usado na Matriz Esforço e Impacto é o seguinte (PEZEIRO; SACOMAN e FRANCATO, 2010):

- a) Alto Impacto = valores superiores a $((\text{Maior Valor} - \text{Menor Valor})/2 + \text{Menor Valor})$;
- b) Baixo Impacto = valores iguais ou inferiores a $((\text{Maior Valor} - \text{Menor Valor})/2 + \text{Menor Valor})$.

A Figura 10 exibe um modelo de Matriz Esforço x Impacto.

Figura 10 - Matriz Esforço x Impacto.



Fonte: Pezeiro, Sacoman e Francato (2010).

As causas identificadas no quadrante de alto impacto e baixo esforço devem ser o foco da equipe do projeto. Isso não significa que as demais causas, contidas nos demais quadrantes, não possam também ser atacadas no projeto de melhoria. Apenas ressalta-se que deve haver um julgamento da equipe em relação à variável, para saber se atacá-la levará ao alcance do objetivo do projeto (PEZEIRO; SACOMAN e FRANCATO, 2010).

3.5 Ferramentas para resolução de problemas

Conhecidas as ferramentas que provêm ajuda no estabelecimento das prioridades da organização no decorrer do projeto, esta seção apresenta as ferramentas utilizadas para

resolução de problemas. Na verdade, essas ferramentas ajudam principalmente na estruturação de problemas e no encaminhamento de métodos de análise para resolvê-los (GOLDSBY e MARTICHENKO, 2005).

3.5.1 *Brainstorming*

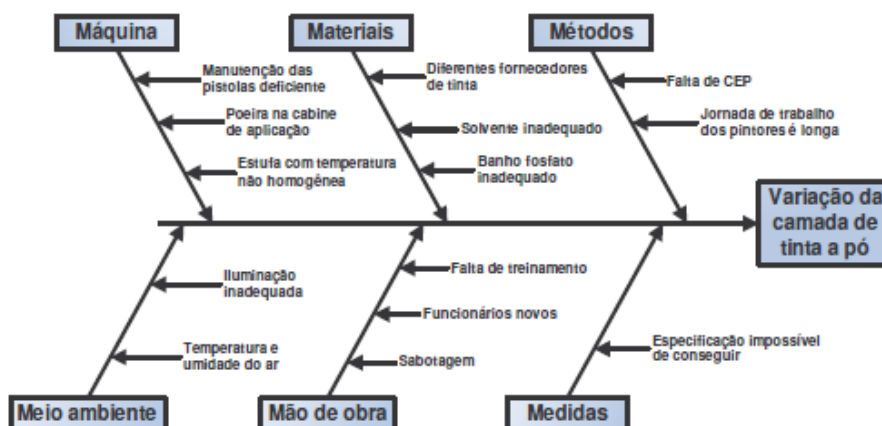
Significa "tempestade cerebral", em inglês, ou tempestade de ideias. Deve-se utilizar a técnica para explorar, com a equipe de trabalho, quais as causas possíveis para um determinado problema (MCCARTY, 2004). Durante a aplicação de um *brainstorming*, quatro regras principais devem ser observadas:

- a) críticas são rejeitadas: certamente sua regra mais importante, a metodologia não tolera críticas às ideias sugeridas;
- b) criatividade é bem-vinda: deve-se encorajar os participantes a sugerir qualquer ideia que lhe venha à mente, sem preconceitos e sem temor de recriminação;
- c) quantidade é necessária: quanto mais ideias forem geradas, maior a possibilidade de se encontrar boas ideias;
- d) combinação e aperfeiçoamento são necessários: essa regra objetiva encorajar a geração de ideias adicionais para a construção e reconstrução sobre ideias já geradas por outros.

3.5.2 *Diagrama de Ishikawa*

É também conhecido como diagrama espinha de peixe. Trata-se de uma ferramenta de fácil uso e grande aderência nas organizações. Seu objetivo é providenciar a visualização de todas as possíveis causas de um problema específico, através das principais entradas do processo (GOLDSBY e MARTICHENKO, 2005). O diagrama auxilia na identificação, exploração e apresentação das possíveis causas de uma situação ou problema específico (PEINADO e GRAEML, 2007). A seguir, a Figura 11 apresenta um exemplo do diagrama abordado.

Figura 11 - Diagrama de causa e efeito para um problema de manufatura.



Fonte: Peinado e Graeml (2007).

O Diagrama de Ishikawa revela as possíveis causas de um determinado problema. Tais possíveis causas representam apenas hipóteses que precisam ser analisadas e testadas, a fim de comprovar sua veracidade e determinar o grau de influência ou impacto sobre a situação em análise. Geralmente se obtém as possíveis causas a partir da aplicação de uma sessão de *brainstorming*.

3.5.3 Efeito funil

Trata-se mais de um conceito do que mesmo de uma ferramenta. A ideia aqui é analisar os resultados obtidos a partir do uso das ferramentas utilizadas na fase de medição. Sobretudo, devem-se analisar as causas de alto impacto e baixo esforço, identificadas na Matriz Esforço x Impacto, abordada no subitem 3.4.4. A partir daí, identifica-se a possibilidade de mensuração, e/ou como serão mensuradas e analisadas quanto a sua influência nas saídas do processo (PEZEIRO; SACOMAN e FRANCATO, 2010).

3.5.4 Plano de ação

É o planejamento de todas as ações necessárias para se atingir um resultado desejado. Em geral, utiliza-se a técnica 5W1H na implementação de um plano de ação. A sigla, que está em inglês, corresponde a *what* (o que), *who* (quem), *when* (quando), *where* (onde), *why* (por que), *how* (como). O 5W1H compõe-se de um formulário para execução e controle de tarefas que atribui responsabilidades e determina as circunstâncias em que o trabalho deve ser realizado (PEINADO e GRAEML, 2007). A Figura 12 apresenta um exemplo de plano de ação.

Figura 12 – Plano de ação com base na ferramenta 5W e 1H.

IDENTIFICAÇÃO DA EMBALAGEM DIFÍCIL DE SE DISTINGUIR					
O QUE?	QUEM?	ONDE?	QUANDO?	POR QUE?	COMO?
<i>Melhorar o sistema de identificação dos sabores waffer e recheados na embalagem</i>	<i>Gerente de produção</i>	<i>No fornecedor de embalagem</i>	<i>Até 15 de maio</i>	<i>Para evitar a troca destes produtos na expedição</i>	<i>Utilizar uma cor de impressão diferente para cada sabor</i>
ILUMINAÇÃO INADEQUADA NO DEPOSITO					
O QUE?	QUEM?	ONDE?	QUANDO?	POR QUE?	COMO?
<i>Melhorar a iluminação</i>	<i>Supervisor de manutenção</i>	<i>Depósito B</i>	<i>Até 30 de maio</i>	<i>Melhorar as condições de trabalho de separação e expedição à noite</i>	<i>Aumentando o número de lâmpadas e reposicionando as existentes</i>
FORMULÁRIO DE SEPARAÇÃO CONFUSO					
O QUE?	QUEM?	ONDE?	QUANDO?	POR QUE?	COMO?
<i>Simplificar o formulário de separação</i>	<i>Gerente de informática</i>	<i>Sistema de informática</i>	<i>Imediato</i>	<i>Para evitar erros de leitura</i>	<i>Retirar as informações desnecessárias do relatório</i>

Fonte: Peinado e Graeml (2007).

3.5.5 FMEA

FMEA é a sigla em inglês para *Failure Modes and Effects Analysis*, ou análise do modo e efeito de falha. Existem vários tipos de FMEA, porém como o método aqui proposto objetiva uma melhoria no processo estudado, será utilizado o FMEA de processo. Trata-se de uma ferramenta que visa levantar as potenciais formas que um processo pode falhar com sua função (modo de falha), utilizando o conhecimento prévio dos membros da equipe de trabalho. Para cada um desses modos de falha deve-se estabelecer uma tomada de ação a fim de evitá-los (PEZEIRO; SACOMAN e FRANCATO, 2010).

3.6 Ferramentas operacionais

Dando sequência à apresentação das ferramentas que este trabalho utiliza em sua abordagem, a seguir são apresentadas aquelas que podem ajudar o profissional da logística na execução das operações dia a dia em sua empresa.

3.6.1 SIPOC

Corresponde a uma sigla em inglês para as palavras: fornecedor, entrada, processo, saída e cliente, ou seja, *S-Supplier, I-Input, P-Process, O-Output e C-Customer*. Trata-se de um formulário onde se devem identificar cada um dos elementos representados na sigla, conforme o passo a passo do processo estudado. O Quadro 2 apresenta o modelo utilizado para elaboração da ferramenta SIPOC. De acordo com Pezeiro, Sacoman e Francato (2010), são apresentadas abaixo as orientações para a elaboração da SIPOC:

- a) identificar como o processo se inicia (qual é a atividade inicial, qual a entrada inicial, quem é o fornecedor, qual a saída e quem é o cliente, ou seja, o maior interessado);
- b) elaborar, primeiramente, toda a sequência de atividades na coluna "P" (*Process* = Processo), usando verbos no tempo infinitivo;
- c) em seguida, a partir da identificação da primeira atividade do processo, deve-se perguntar "e daí?" e/ou "e se?" (com foco no mapa de processo);
- d) continuar até que se esgotem todas as atividades do processo, com a identificação da(s) saída(s) do processo. Assim, preencher a coluna "*Outputs*", ou Saídas, considerando para todas as linhas, a meta do projeto;
- e) quando a coluna "P" estiver completa, deve-se perguntar, em cada atividade: "Para fazer essa atividade, o que é necessário?". As respostas são as entradas do processo ou os X's (potenciais), e devem preencher a coluna "*Inputs*";
- f) identificar os clientes de cada saída, ou de um conjunto de saídas, coluna "*Customers*", ou Clientes. Vale pensar aqui na participação ou influência dos *stakeholders* do processo;
- g) preencher a coluna "*Suppliers*", com os respectivos Fornecedores de cada etapa do processo;
- h) revisar o formulário SIPOC sempre que o respectivo mapa de processo for alterado;
- i) idealmente, deve-se atualizar o formulário SIPOC ao final do projeto de Logística *Lean* Seis Sigma, segundo o novo mapa de processo.

Quadro 2 – Modelo para a ferramenta SIPOC.

Etapas	Fornecedores	Entradas	Processo	Saídas	Clientes
	<i>Suppliers</i>	<i>Inputs</i>	<i>Process</i>	<i>Outputs</i>	<i>Customers</i>
1					
2					
3					
...					
n					




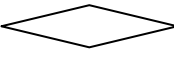
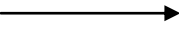


Fonte: Pezeiro, Sacoman e Francato (2010).

3.6.2 Mapa do processo ou fluxograma

É uma ferramenta que proporciona uma ilustração gráfica do processo, onde se pode observar suas etapas e identificar oportunidades de melhoria ou eliminação de atividades. Um fluxograma deve ser elaborado a partir do uso de vários símbolos

padronizados (PEINADO e GRAEML, 2007). O Quadro 3 apresenta alguns desses símbolos e seus respectivos significados.

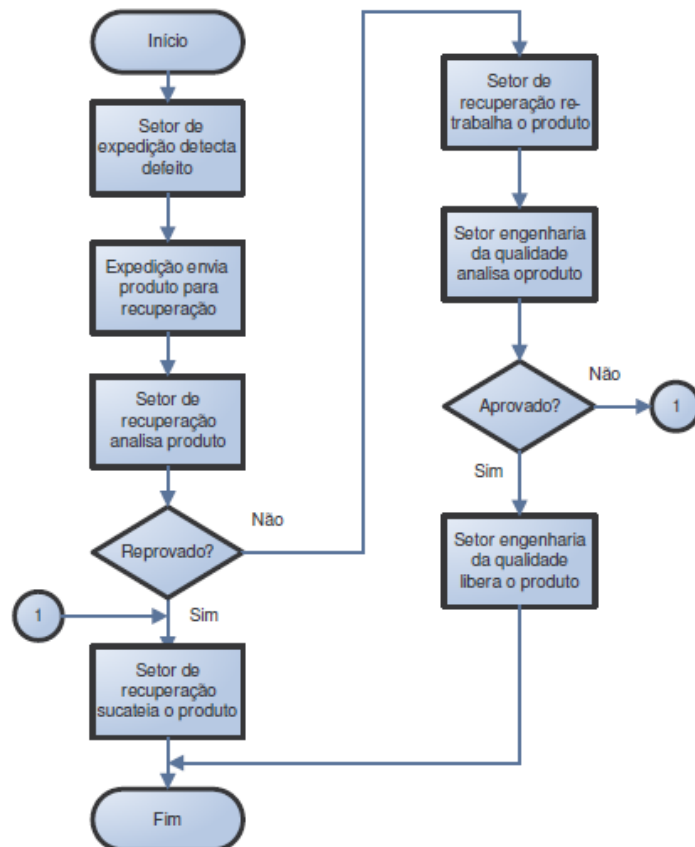
Quadro 3 – Simbologia utilizada em fluxogramas.

	Indica o início ou o fim do processo.
	Indica cada atividade que precisa ser executada.
	Indica um subprocesso.
	Indica um ponto de tomada de decisão (Avalia-se uma afirmação. Se verdadeira, o processo segue por um caminho, se falsa, por outro).
	Indica a direção do fluxo de um ponto ou atividade para outro.
	Indica os documentos utilizados no processo.
	Indica espera.

Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007).

A seguir é apresentado um exemplo de fluxograma para melhor entendimento do uso e aplicabilidade da ferramenta, conforme a Figura 13.

Figura 13 - Exemplo de fluxograma de processo.



Fonte: Peinado e Graeml (2007).

3.6.3 *Procedimento operacional padrão*

Referem-se a uma descrição detalhada de todas as operações necessárias para a realização de uma atividade específica. Trata-se, portanto, de um roteiro padronizado para a realização de uma determinada atividade (PEZEIRO; SACOMAN e FRANCATO, 2010).

3.6.4 *Sistema kanban e supermercado*

Kanban é uma técnica de gestão de materiais e de produção no momento exato, que é controlado por meio do movimento do cartão (*kanban*), conforme explanado no capítulo anterior. Neste método também será utilizado o conceito de supermercado, que trata-se de um local predeterminado para armazenagem dos itens controlados pelo sistema *kanban*, conforme explanado no capítulo dois.

O presente método se objetiva a mostrar a aplicabilidade das metodologias *Lean* e Seis Sigma em um ambiente logístico de apoio à produção. Portanto, a fim de alcançar esse objetivo este método propõe o sistema *kanban* de movimentação de um cartão como tipo de ferramenta *Lean* para melhoria do processo estudado.

A utilização do sistema *kanban* de movimentação neste método está fundamentada no objetivo do projeto de melhoria, que é a redução da movimentação de matéria prima no sistema logístico de apoio à produção. O sistema *kanban* de movimentação proposto regula o processo de transferência de matéria prima em momento, fluxo e quantidade. Sobretudo, o sistema permite a comunicação, por meio da gestão visual, entre dois setores do processo produtivo.

Na prática, a ideia é avisar ao um estágio anterior que a matéria prima pode ser transferida para um determinado local, em que o processo subsequente retira do processo antecedente. Isso, especificando o tipo e a quantidade do item a ser movimentado. A seguir, são apresentados os passos propostos para concepção e implementação do sistema *kanban* de movimentação de um cartão, com supermercado de matéria prima:

- a) cálculo da demanda média diária de cada matéria prima movimentada;
- b) definição do tamanho do lote padrão de movimentação;
- c) dimensionamento do número de cartões;
- d) definição e negociação da área do supermercado;
- e) seleção dos itens a compor o sistema *kanban*;
- f) definição do leiaute do supermercado;
- g) configuração do cartão *kanban*;
- h) configuração do quadro *kanban*;

- i) modelagem do fluxo do sistema *kanban*;
- j) definição do novo processo de movimentação de matéria prima;
- k) treinamento da equipe de operação;
- l) projeto piloto;
- m) ajustes finais e continuidade do sistema *kanban*.

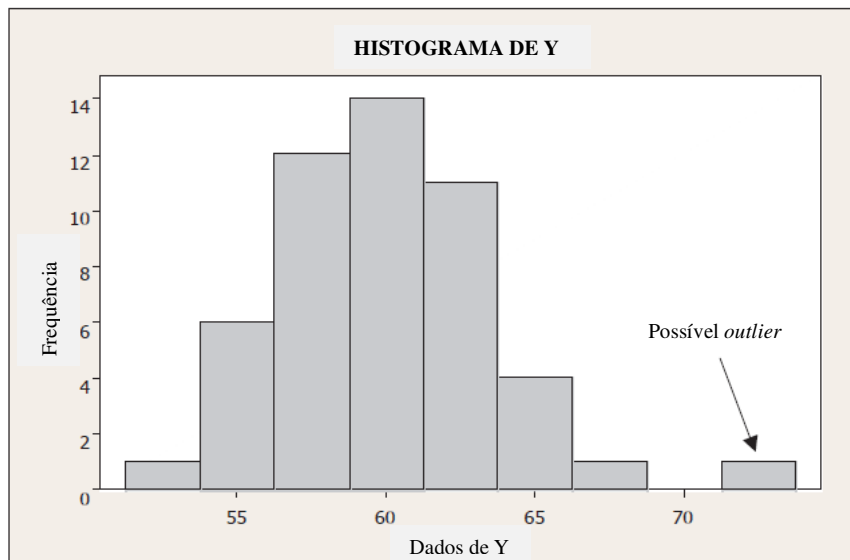
3.7 Ferramentas de medição

Base da abordagem *Lean* Seis Sigma aplicada à Logística, a medição é fundamental para se obter o entendimento do processo. A partir da compreensão do processo, identifica-se aquilo que agrega valor para o cliente, e o que gera resultados à empresa (GOLDSBY e MARTICHENKO, 2005). Esta seção aborda procedimentos e métodos de medição em processos, conforme se observa a seguir.

3.7.1 Histograma

É a representação gráfica da distribuição das frequências no formato de barras, onde a base da barra representa o intervalo de valores estudados e a altura representa a frequência de ocorrência dos valores dentro do intervalo (PEZEIRO; SACOMAN e FRANCATO, 2010). A Figura 14 apresenta um exemplo de histograma.

Figura 14 – Exemplo de histograma.



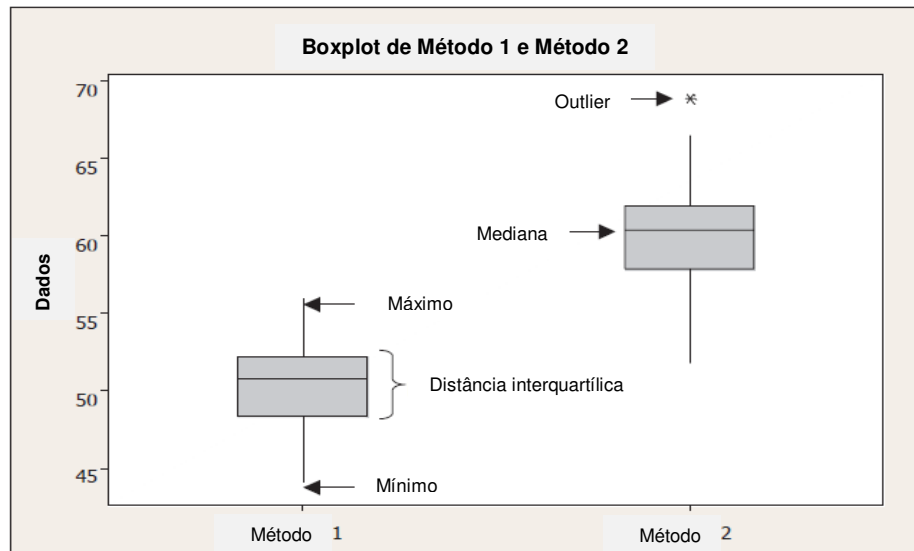
Fonte: McCarty *et al.* (2004), tradução nossa.

3.7.2 Boxplot

Trata-se de uma representação gráfica que permite comparar o comportamento da saída do processo (Y) para diferentes níveis de uma potencial fonte de variação (X)

(PEZEIRO; SACOMAN e FRANCATO, 2010). É um gráfico que exibe simultaneamente vários aspectos importantes dos dados, tais como tendência central ou posição, variabilidade, afastamento da simetria e identificação de observações muito afastadas da maior parte dos dados. A Figura 15 apresenta um exemplo do gráfico relatado.

Figura 15 - Exemplo de Boxplots.



Fonte: MCCARTY et al. (2004), tradução nossa.

3.7.3 Gráficos de controle do processo

Trata-se de uma apresentação gráfica de uma característica da qualidade que foi medida ou calculada a partir de uma amostra *versus* o número da amostra ou o tempo (MONTGOMERY, 2009). De acordo com Montgomery (2009), o gráfico contém uma linha central que representa o valor médio da característica da qualidade. O gráfico mostra ainda outras duas linhas horizontais chamadas limite superior de controle (*LSC*) e limite inferior de controle (*LIC*).

Esses limites são calculados através de fórmulas estatísticas que dependem da natureza do processo analisado. No caso, para controle do processo analisado neste trabalho, foram utilizados gráficos de controle de Shewhart para medidas individuais, devido ao processo apresentar tamanho da amostra para monitoramento do processo igual a 1 (MONTGOMERY, 2009). Logo, foram utilizados os gráficos de controle para medidas individuais e para amplitude móvel. A amplitude móvel é definida conforme a Fórmula (2):

$$MR_i = |X_i - X_{i-1}| \quad (2)$$

Segundo Montgomery (2009), os parâmetros para o gráfico de controle das medidas individuais são determinados por meio das Fórmulas (3), (4) e (5).

$$LSC = \bar{x} + 3 \cdot \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (3)$$

$$LC = \bar{x} \quad (4)$$

$$LIC = \bar{x} - 3 \cdot \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad (5)$$

Deve-se observar que \overline{MR} é a média das amplitudes móveis de duas observações, enquanto \bar{x} é a média amostral. Se uma amplitude móvel de $n = 2$ observações é utilizada, então $d_2 = 1,128$ (MONTGOMERY, 2009).

Para elaboração do gráfico de controle para a amplitude móvel, tem-se, para $n= 2$, $D_3 = 0$ e $D_4 = 3,267$. Os parâmetros para o gráfico de controle da amplitude móvel são determinados por meio das Fórmulas (6), (7) e (8).

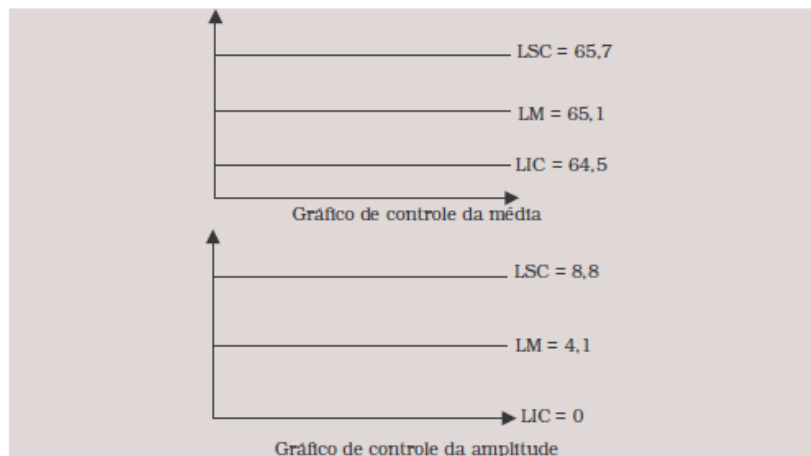
$$LSC = D_4 \times \overline{MR} \quad (6)$$

$$LC = \overline{MR} \quad (7)$$

$$LIC = D_3 \times \overline{MR} \quad (8)$$

Caso os pontos plotados se localizem dentro dos limites, sem apresentar padrões não aleatórios, assume-se que o processo está sob controle, conforme afirmam Pezeiro, Sacoman e Francato (2010). No entanto, Montgomery (2009) relata que um ponto que caia fora dos limites de controle é interpretado como evidência de que o processo está fora de controle, e investigação e ação corretiva fazem-se necessárias para encontrar e eliminar a causa ou causas responsáveis por esse comportamento. A Figura 16 exibe exemplos de gráfico de controles.

Figura 16 - Exemplos de gráficos de controle.



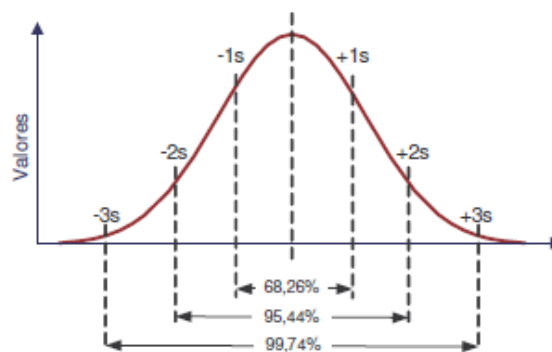
Fonte: Peinado e Graeml (2007).

3.7.4 Medição da capacidade do processo

Corresponde à obtenção das métricas Seis Sigma, ou seja, da mensuração do desempenho e variabilidade do processo. Aqui se deve realizar teste de normalidade e conhecer o nível sigma do processo. Segundo Goldsby e Martichenko (2005), o termo “seis sigma”, na verdade, refere-se à qualidade em execução, onde seis sigmas implicam menos de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades. O termo “sigma” (σ) é utilizado na estatística para representação do desvio padrão, uma variável estatística para medidas de dispersão.

A Figura 17 relaciona a porcentagem de valores abaixo da curva em relação ao número de desvios padrões (sigmas) ao redor da média de uma distribuição normal. O desvio padrão e a curva de distribuição normal são utilizados para estimar a porcentagem de elementos com valores em função do grau de afastamento do valor da média (PEINADO e GRAEML, 2007).

Figura 17 - Porcentagem de valores dentro de determinadas faixas de distribuição normal.



Fonte: Peinado e Graeml, 2007.

A área sob a curva é medida pela estatística “z”, que representa a distância de um valor “x” até a média, porém expressos em número de desvios padrão (PEZEIRO; SACOMAN e FRANCATO, 2010). Em uma distribuição normal, como representa a Figura 14, 68,26% da área sob a curva estão compreendidos entre um desvio padrão acima e abaixo da média. Segundo o mesmo raciocínio, 95,44% da área sob a curva de distribuição normal estão compreendidos entre dois desvios padrão ao redor da média, enquanto 99,74% da área sob a curva compreendem-se entre três desvios padrão acima e abaixo da média (PEINADO e GRAEML, 2007).

Segundo Montgomery (2009), outra forma de expressar a capacidade do processo é em termos de índice da capacidade do processo, C_p , definido como mostra a Fórmula (9).

$$C_p = (LSC - LIC) / 6\sigma \quad (9)$$

O índice C_p pode ser analisado segundo o Quadro 4.

Quadro 4 – Interpretação do valor de C_p .

C_p	Interpretação de C_p
< 1,0	Baixa Capabilidade
1,0 a 1,5	Média Capabilidade
> 1,5	Boa capabilidade
> 2,0	Capabilidade Motorola

Fonte: McCarty *et al.* (2004).

Em aplicações práticas, é comum que σ seja desconhecido, logo este deve ser substituído por uma estimativa. Para estimar σ , frequentemente utiliza-se o desvio padrão amostral S , resultando em uma estimativa de C_p . O índice de capacidade C_p não leva em conta onde a média do processo está localizada em relação às especificações, medindo simplesmente a dispersão das especificações em relação à dispersão seis sigma no processo (MONTGOMERY, 2009).

Por esse motivo uma nova razão da capacidade do processo deve ser utilizada, levando-se em conta a centralização do processo. Essa razão é tida por C_{pk} , que nada mais é do que um índice de capacidade do processo unilateral para o limite de especificação mais próximo da média do processo. O C_{pk} pode ser obtido a partir da Fórmula (10), onde LSE e LIE significam limite superior e limite inferior de especificação, respectivamente.

$$C_{pk} = \min \left[\frac{LSE - \bar{x}}{3s}, \frac{\bar{x} - LIE}{3s} \right] \quad (10)$$

Em síntese, a metodologia Seis Sigma persegue a ocorrência de seis desvios padrão entre a média e a especificação do processo (GOLDSBY e MARTICHENKO, 2005). Como já observado, seis sigmas correspondem a seis desvios padrão de cada lado da média, o que representa um índice de aceitação de 3,4 peças não conformes por milhão de peças produzidas, conforme revela a Tabela 1, logo abaixo (PEINADO e GRAEML, 2007).

Tabela 1 - Convertendo DPMO para sigmas.

DPMO	Nível Sigma
691.500	1,0
308.500	2,0
66.800	3,0
6.200	4,0
230	5,0
3,4	6,0

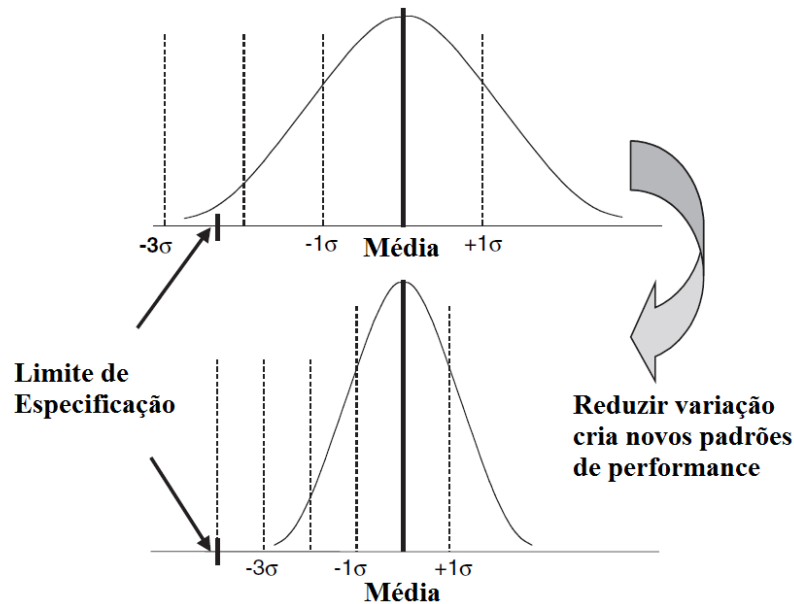
Fonte: Adaptado de Goldsby e Martichenko (2005), tradução nossa.

3.7.5 Comprovação das melhorias

A Figura 17 ilustra, para um mesmo processo, dois diferentes níveis sigma, ou seja, duas performances diferentes quanto ao comportamento estatístico do processo analisado. Embora ambas as curvas apresentem a mesma média, a dispersão dos supostos dados é bem melhor na curva apresentada na parte superior da Figura 17. Isso porque, ela apresenta uma maior quantidade de desvios padrão entre a média e o limite de especificação do processo, o que lhe garante maior probabilidade de produção de itens não defeituosos.

A Figura 18 representa bem o que se espera ao final de um projeto de melhoria *Lean Seis Sigma*. Espera-se que a variabilidade do processo diminua, graficamente, que a curva se estreite, e desse modo, reduza-se a possibilidade de produção de defeituosos.

Figura 18 - Qualidade Seis Sigma.



Fonte: Adaptado de Goldsby e Martichenko, (2005).

4 APLICAÇÃO DA ABORDAGEM *LEAN* SEIS SIGMA NA LOGÍSTICA

Este capítulo aborda a aplicação do método proposto no processo de movimentação de matéria prima para abastecimento à produção, integrando *Lean*, Seis Sigma e Logística, a partir de um estudo de caso em uma empresa fabricante de tintas imobiliárias.

4.1 Apresentação da empresa

O presente estudo foi realizado em uma indústria de tintas imobiliárias no Estado do Ceará. A empresa foi fundada no ano de 1963, e pertence a um grupo de atuação nacional, um dos maiores do Norte-Nordeste do Brasil. A empresa possui atuação no mercado das cinco regiões do Brasil.

Presente em 19 Estados, e 1.200 municípios brasileiros, a indústria conta com três unidades fabris no estado do Ceará, além de um centro de distribuição no Estado de Pernambuco. Há mais de 400 funcionários no quadro da empresa em que será aplicado o modelo. São mais de 20.000 pontos de venda, com 8.000 clientes diretos. Quanto a sua participação no mercado, a empresa apresenta 22% de participação no NO/NE e 6% no mercado nacional.

É líder nacional na produção e venda de tinta em pó hidrossolúvel e supercal desde sua fundação. A indústria ampliou na última década seu portfólio de produtos e atualmente dispõem de uma linha completa de tintas látex, esmaltes, texturas, complementos acrílicos, solventes, e corantes, além de tinta em pó e supercal.

Apresenta *market share* de 75% no mercado nacional, com produção de 300 toneladas por dia para o produto tinta pó. Já para o supercal a empresa deteve 52% do mercado nordestino em 2011. E para a produção de massa PVA a empresa é líder em vendas do NO/NE.

Como modelo de gestão industrial a organização faz uso da metodologia *Lean* Seis Sigmas. Tal metodologia juntamente com fatores de esforços de outros setores permitiu a ela um salto de produção de 37 mil toneladas em 2010 para 47 mil toneladas em 2011. A empresa obteve aumento de 40% em sua produtividade nos últimos dois anos.

4.2 Contexto industrial

A empresa em questão possui sistema de produção em bateladas. Seu sistema de produção baseia-se fortemente no Modelo Toyota de Produção, como também é conhecido o sistema *Lean*. Além disso, a empresa possui uma cultura de fábrica bem embasada nas metodologias *Lean* e Seis Sigma.

A empresa apresenta programas que atuam fortemente sob os conceitos 5S e *kaizen*, inclusive com a prática atuante de grupos de melhoria formados por operadores de fábrica. Além disso, dispõem de um planejamento e controle de produção adepto do *Lean*, que inclusive utiliza *Heijunka Box* como ferramenta no processo de planejamento e execução da programação.

A infraestrutura fabril da indústria é dividida em duas plantas produtivas, sendo uma delas destinada à produção de tinta pó e supercal, e a outra destinada à produção de tintas líquidas. A planta de tintas líquidas é composta de seis linhas de produção sendo elas látex, esmaltes, texturas, complementos acrílicos, solventes, e corantes. Cada linha é dividida em famílias totalizando uma soma de 69 famílias de produtos. Ao todo a empresa possui aproximadamente 800 sku's em sua carteira de produtos.

O ano passado foi um marco na história da empresa. Nesse ano ela conseguiu bater todos os recordes de produção e venda desde sua criação há cinco décadas. A empresa chegou bem próximo ao limite de sua capacidade produtiva em 2011, e por esse motivo está ampliando a capacidade produtiva de sua linha de maior venda.

No entanto, a logística interna e externa da empresa foi colocada à prova no ano anterior, apresentando certas dificuldades para atender ao crescimento da indústria. Desse modo, projetos de melhorias foram disparados para preparar a logística da empresa para o crescimento em 2012.

Neste contexto observou-se a necessidade de melhoria na eficiência da logística de apoio à produção, para eliminação de desperdícios, redução da variabilidade do processo e melhoria no fluxo e movimentação de matéria prima, dando o devido suporte logístico à produção, o que originou a aplicação do método proposto no capítulo anterior, a seguir apresentada.

4.3 Apresentação do caso

O processo analisado neste trabalho será o processo de transferência de matéria prima para a produção de tintas líquidas. Essa matéria prima é transferida do almoxarifado de matéria prima para o almoxarifado de material em processo de tintas líquidas, de onde a partir daí é consumida no processo produtivo. O objetivo do projeto apresentado neste trabalho é diminuir significativamente a movimentação de matéria prima, entre os almoxarifados, realizada no processo de transferência.

O processo de transferência de matéria prima inicia com o envio da programação da produção, por meio das ordens de produção, para o almoxarifado de material em processo.

Este por sua vez verifica o estoque de matéria prima em processo e requisita aquelas que apresentam quantidade abaixo da necessidade da ordem. O almoxarifado de matéria prima recebe a requisição de matéria prima e realiza a transferência de cada item conforme as quantidades solicitadas.

O almoxarifado de material em processo fica localizado junto à produção, a uma distância do ponto de beneficiamento da matéria prima de aproximadamente 50 metros. A Figura 19 a seguir revela a distância entre os almoxarifados, que é de aproximadamente 500 metros.

Figura 19 – Vista aérea da distância entre os almoxarifados.



Fonte: Portal da empresa analisada.

O sistema de transporte utilizado na movimentação da matéria prima requisitada varia conforme o volume e o tipo de material requisitado. A matéria prima a ser transferida pode estar em estado sólido ou líquido. Em geral, a matéria prima líquida é acondicionada em tanques e transferida via sistema automatizado diretamente para a produção. Aquela encontrada em estado sólido, em geral, é acondicionada em sacos, e transferida em paletes, por meio de um caminhão ou empilhadeira, do almoxarifado de matéria prima para o almoxarifado de material em processo. A medida que as ordens vão sendo executadas a matéria prima sai do almoxarifado de material em processo para ser beneficiada na produção.

O processo de transferência de matéria prima gera, naturalmente, uma movimentação física desse material. É justamente essa movimentação que o método proposto neste trabalho visa reduzir, sem prejuízos ao processo produtivo, aumentando a eficiência da logística de apoio à produção.

4.4 Aplicação do método

A melhoria na eficiência de movimentação de matéria prima visada pela empresa foi obtida a partir da aplicação da abordagem proposta no capítulo anterior. Adiante, será apresentado passo a passo o procedimento de aplicação do método proposto.

O ciclo DMAIC é a espinha dorsal do método apresentado, unindo, no decorrer de cada fase, metodologias e ferramentas oriundas do *Lean* e do Seis Sigma na logística de apoio à produção. A seguir, é apresentada cada uma das fases do método, além das etapas e resultados obtidos em cada uma delas.

4.4.1 Fase definir

Primeira das fases do método DMAIC, a fase de definição objetiva a obtenção de uma visão geral do processo estudado, e o estabelecimento de alguns parâmetros necessários à continuidade do projeto. Nesta fase, são estabelecidos ainda o escopo do projeto, suas restrições, bem como conhecidas e definidas as partes interessadas no projeto.

4.4.1.1 Concepção do projeto

Na fase Definir foram identificadas as primeiras informações do problema que originou o projeto de melhoria. Inicialmente definiu-se de que trataria o projeto, quais seus objetivos e porque ele estava sendo criado. Nesse momento deu-se a concepção do projeto dando início ao ciclo DMAIC.

Em seguida, todas as informações iniciais do projeto e necessárias a sua continuação foram registradas e formalizadas no contrato, ou termo de abertura, do projeto. O tópico seguinte exhibe o contrato do projeto de melhoria aqui apresentado.

4.4.1.2 Formalização do projeto

O contrato do projeto apresentado adiante teve a função de oficializar a abertura do projeto. O projeto teve início em fevereiro de 2012, com encerramento previsto para final de junho de 2012. O documento elaborado relatou os pontos principais para o início do projeto, tais como objetivo, meta, justificativa, área de aplicação, líder, patrocinador, *KPI(s)*, escopo, premissas, equipe e demais informações pertinentes, apresentadas no documento a seguir.

O objetivo principal do projeto era reduzir a movimentação de matéria prima entre o almoxarifado de armazenagem de matéria prima e o almoxarifado de material em processo na produção de tintas líquidas. Além disso, o projeto tinha outros objetivos que eram adequar

o estoque de material em processo, e liberar o espaço até então ocupado com a armazenagem de matéria prima dentro do galpão de produção de tintas líquidas.

Uma das principais funções do contrato é determinar o(s) *KPI*(s) do projeto, que informam como o processo será medido e como serão comprovadas as melhorias do projeto. Desse modo, foram elaborados inicialmente dois indicadores para cumprir com essa função.

$$Y^1 = \text{Movimentação de mineral (ton)} / \text{Produção (ton)} \quad (11)$$

$$Y^2 = \text{Movimentação de mineral (qtd)} / \text{Abastecimento (ton)} \quad (12)$$

Vale salientar que a produção tomada para estudo foi aquela relativa à matéria prima em questão. Ou seja, para o Y^1 , por exemplo, foi observado que todo o mineral movimentado entre os almoxarifados era utilizado para a produção das linhas de látex e textura. Desse modo, somente a produção de látex e textura foram coletadas e analisadas para esse indicador.

Dentre os indicadores determinados no início do projeto, apenas o Y^1 foi estudado e medido em escala sigma. Além de simplificar o trabalho, a escolha de um só indicador para medição em nível sigma permitiu um foco maior da equipe naquele que ela entendeu como mais significativo dentro do processo.

O segundo indicador foi utilizado como forma de monitoria do processo, na fase de controle do projeto. O Quadro 5 apresenta o modelo do contrato do projeto elaborado no projeto, tendo sido suas informações suprimidas por motivo de sigilo do processo da empresa em estudo.

Quadro 5 – Modelo do contrato utilizado no projeto.

CONTRATO DO PROJETO					
Projeto:		Líder	Data:		
Cliente:	Área:	Patrocinador:			
Objetivo do projeto					
Justificativa / histórico					
Definição da meta			Kpi(s) do projeto		
Limites do projeto (inclui / exclui)					
Inclui:					
exclui:					
Premissas e restrições do projeto					
Premissas:					
Restrições:					
Equipe de trabalho					
	Nome	Função	Área / empresa	e-mail	Fone
Líder:				-	
Patrocinador:				-	
Membros da equipe:				-	
Especialistas para suporte técnico:				-	
Requisitos do cliente					
Contribuições para o negócio					
Valor do Ganho Financeiro (R\$):					
Aprovado pela Controladoria?					
Validação Final do Projeto					
Aprovação:					

Fonte: Pezeiro, Sacoman e Francato (2010).

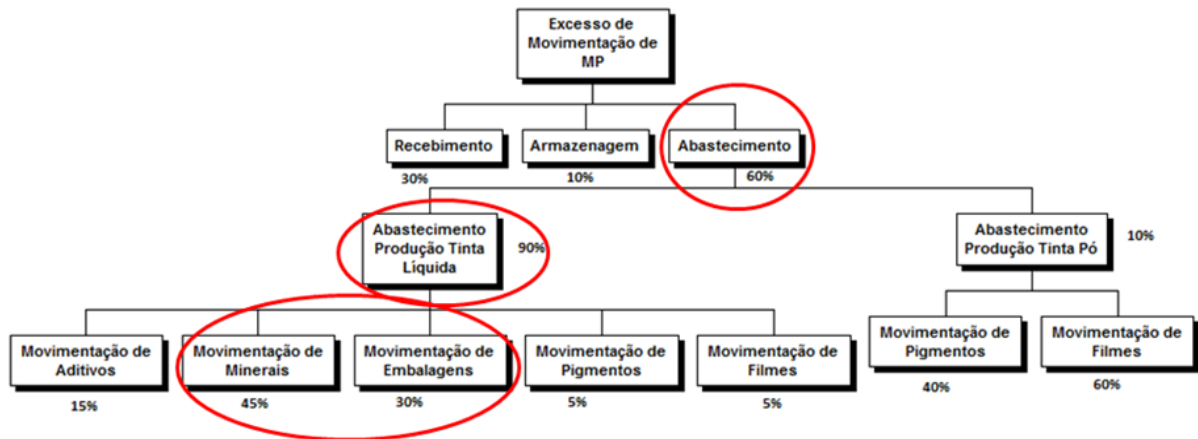
4.4.1.3 Visão geral do projeto

Identificadas e registradas as informações iniciais do projeto havia a necessidade de estratificação do problema. Ou seja, era necessário um aprofundamento maior no conhecimento do problema para um direcionamento efetivo das ações de melhoria. Para tanto, adaptou-se a aplicação da ferramenta EAP (Estrutura Analítica do Projeto), a fim de decompor e, assim, se obter uma visão estratificada do problema.

Desse modo, foi possível identificar que a maior movimentação na logística de apoio à produção se dava no processo de abastecimento de matéria prima, sendo a produção

de tintas líquidas a mais influente nessa movimentação. Sobretudo, pode-se perceber que mineral e embalagem eram as matérias primas que mais demandavam movimentação no processo de abastecimento à produção, conforme se pode observar no diagrama abaixo. A EAP foi elaborada a partir do conhecimento tácito dos gestores do processo, e das equipes de operação e projeto. A Figura 20 ilustra a EAP elaborada no projeto.

Figura 20 – EAP elaborada no projeto.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

4.4.1.4 Visualização do macrofluxo do processo

Em sequência a EAP foi aplicada a ferramenta SIPOC a fim de se obter uma visão macro do processo estudado. Com ela foi possível identificar as principais etapas do processo, bem como suas entradas, saídas, fornecedores e clientes. A ferramenta SIPOC forneceu à equipe do projeto uma identificação prévia do que seriam as possíveis variáveis de entrada, ou seja, as potenciais causas de variação no processo.

A aplicação desta ferramenta forneceu ainda uma visão maior do processo analisado, permitindo o encerramento da fase Definir. O Quadro 6 apresenta o resultado da aplicação da ferramenta SIPOC.

Quadro 6 – SIPOC elaborado no projeto.

Etapas	Fornecedores	Entradas	Processo	Saídas	Clientes
	<i>Suppliers</i>	<i>Inputs</i>	<i>Process</i>	<i>Outputs</i>	<i>Customers</i>
1	Fornecedor externo	Romaneio	Receber Matéria-Prima	Matéria-Prima	ALM 001
2	ALM 001	Matéria-Prima	Armazenar Matéria-Prima	Registro de entrada no estoque de MP	ALM 001
3	PCP	Ordem de Produção	Receber Ordem de Produção	Alimentação do Heijunka box	ALM PRO
4	ALM PRO	Estoque de MP no sistema de controle de almoxarifado	Verificar disponibilidade de material	Inventário de estoque PRO	ALM PRO
5	PCP	Ordem de Produção	Registrar pedido de mp's no Controle de Almoxarifado	Requisição de MP (sistema)	ALM 001
6	ALM PRO	Requisição de MP (sistema)	Imprimir requisição de mp's e insumos	Requisição de MP (impressa)	ALM 001
7	ALM 001	MP's, Insumos e Requisição de MP (impressa)	Enviar mp's e insumos de acordo com requisição usando o critério PEPS (Primeiro que entra, primeiro que sai)	MP's, Insumos	ALM PRO
8	ALM 001	Requisição de MP (impressa)	Receber do aux. de almoxarifado lista de mp's enviadas	Lista de mp's enviadas	ALM 001
9	ALM 001	Lista de mp's enviadas	Transferir via BaaN mp's enviadas para PRO	Transferência de MP no sistema BaaN	ALM PRO
11	ALM 001	Atendimento de Requisição de MP	Arquivar a requisição de mp na pasta	Requisição arquivada	ALM 001

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

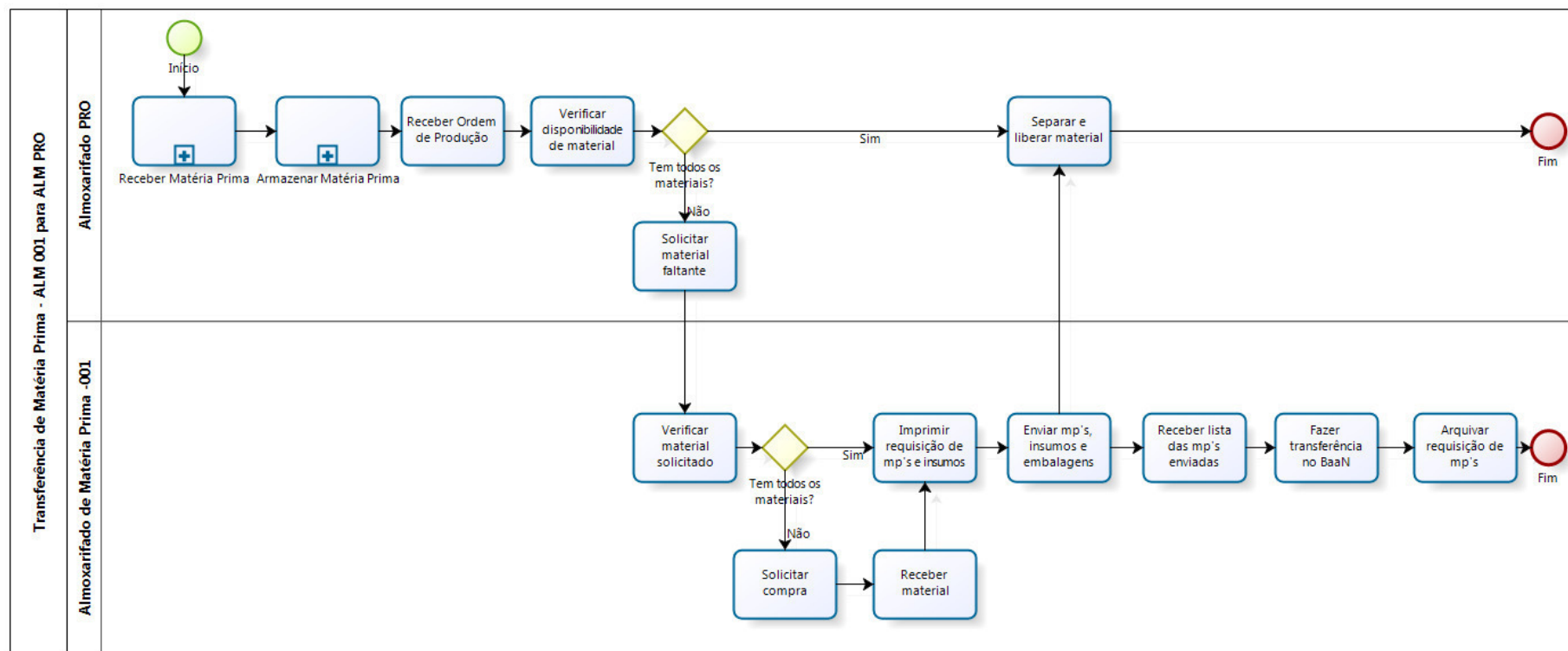
4.4.2 Fase medir

A fase Medir tem por objetivo capturar dados e observações do processo a ser analisado, de modo que se possa extrair informações e se obter, assim, um entendimento do comportamento do processo, e de suas causas. A seguir, inicia-se a fase de medição com o detalhamento do fluxo do processo.

4.4.2.1 Detalhamento do fluxo do processo

O Mapa do Processo deu sequência ao projeto abrindo a fase de medição. Com ele, pode-se obter uma visão mais detalhada do processo, o que é fundamental para o processo de medição e análise. A equipe pôde, por meio do fluxograma detalhado, conhecer etapa por etapa do processo, e assim participar com mais propriedade das etapas seguintes do projeto, apresentadas no decorrer deste capítulo. A Figura 21 ilustra o mapa do processo.

Figura 21 – Mapa do processo analisado.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

4.4.2.2 Levantamento das possíveis causas

Na sequência, foi aplicado um *brainstorming* para levantamento das possíveis causas de excesso de movimentação no processo de transferência de matéria prima. O *brainstorming* aconteceu em duas etapas, reunindo supervisores e operadores envolvidos no processo, conforme os dois turnos de trabalho. Depois de esgotadas as ideias de ambas as equipes, quanto às possíveis causas de variação, foram condensadas as informações obtidas, eliminando-se repetições. Obteve-se assim a lista apresentada no Quadro 7.

Quadro 7 – Levantamento das Possíveis Causas.

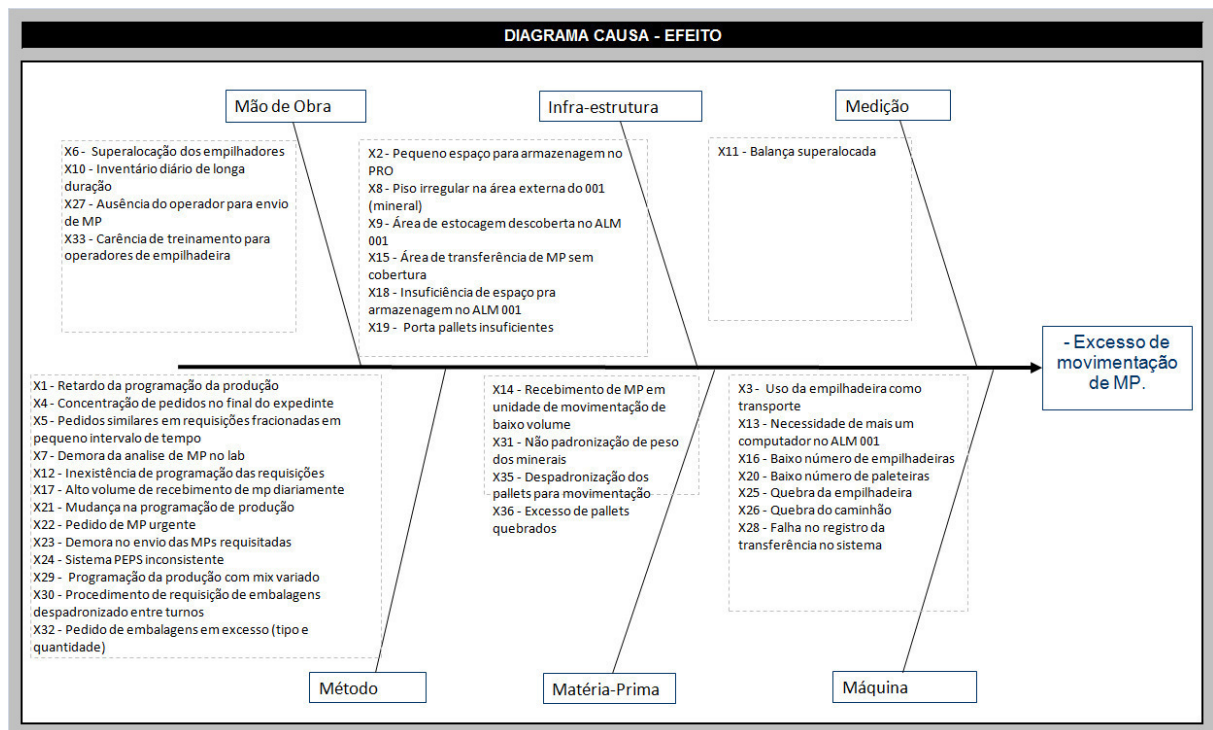
Levantamento das Possíveis Causas	
X1	Não antecipação da programação da produção
X2	Pequeno espaço para armazenagem no PRO
X3	Uso da empilhadeira como transporte
X4	Concentração de pedidos no final do expediente
X5	Pedidos de baixo volume fracionados
X6	Super alocação do empilhador
X7	demora da análise de MP no lab
X8	piso irregular na área externa do 001 (mineral)
X9	Estocagem em área descoberta
X10	Super alocação do operador
X11	inventário diário de longa duração
X12	balança superalocada
X13	Inexistência de programação das requisições
X14	necessidade de PC
X15	Recebimento de MP em unidade de movimentação de baixo volume
X16	Área de movimentação descoberta
X17	Falta de empilhadeiras
X18	Recebimento desprogramado
X19	Sobrecarga de recebimentos
X20	Insuficiência de espaço pra armazenagem
X21	Porta pallets insuficientes
X22	Atraso na entrega das OP's no PRO
X23	Erro na programação de produção
X24	Pedido urgente
X25	Demora no envio das MPs requisitadas
X26	Sistema PEPS inconsistente
X27	Quebra da empilhadeira
X28	Quebra do caminhão
X29	Ausência do operador para envio de MP
X30	Falha no registro da transferência no sistema BaaN
X31	Falha técnica do sistema BaaN
X32	Não registro da transferência no sistema BaaN
X33	Falha no registro da transferência no sistema de requisição
X34	Falha técnica do sistema de requisição
X35	Não registro da transferência no sistema de requisição
X36	Grande variação da programação (diferentes)
X37	Pequeno espaço para armazenagem de embalagens
X38	Procedimento despadronizado entre os turnos A e B p/ consumo de embalagens
X39	Mudança na programação
X40	Padronização de peso mineral
X41	Pedido de embalagens em excesso (tipo e qtd)
X42	Falta de treinamento de operador de empilhadeira
X43	Falta de empilhadeiras
X44	Falta de paletesiras

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

4.4.2.3 Classificação das possíveis causas

Finalizado o levantamento das possíveis causas, uma primeira triagem delas foi realizada. Desse modo, foram eliminadas causas potenciais similares ou repetidas, segundo entendimento da equipe. A partir daí, as causas restantes foram classificadas e inseridas junto com a equipe, conforme a estrutura do Diagrama de Ishikawa. A classificação das causas e a elaboração do diagrama foram realizadas na mesma reunião junto com a equipe, a fim de obter um melhor aproveitamento do tempo e disponibilidade dos envolvidos. O diagrama elaborado pode ser observado na Figura 22.

Figura 22 – Diagrama de Causa e Efeito elaborado no projeto.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

4.4.2.4 Ranqueamento das possíveis causas

Após aplicados o *brainstorming* e o diagrama de Ishikawa foi elaborada a Matriz de Causa e Efeito, com o intuito de ranquear as possíveis causas, segundo o impacto e o esforço de cada variável de entrada levantada sobre o *KPI* do projeto. A classificação dos valores para cada variável também foi realizada juntamente às equipes de operação do processo.

Vale salientar que, na aplicação dessa ferramenta, teve-se uma maior participação e influência dos gestores do processo, dado o maior grau de conhecimento desses, sobre o processo como um todo. O resultado obtido nesta etapa é apresentado por meio do Quadro 8.

Quadro 8 – Matriz Causa e Efeito elaborada no projeto.

MATRIZ CAUSA & EFEITO					
(10 - 9 - 8: Forte Correlação) (7 - 6 - 5 - 4: Média Correlação) (3 - 2 - 1: Baixa Correlação) (0: Não há correlação)					
Índice de Importância		10	8		
X's do Processo		Y ¹ : Índice de Movimentação (ton) por Produção (ton)	Y ² : Índice de Movimentação (qtd) por Abastecimento (ton)	TOTAL	Esforço de Eliminação da Variável de Entrada
X ₁	Retardo da programação da produção	5	4	82	baixo
X ₂	Pequeno espaço para armazenagem no PRO	8	8	144	alto
X ₃	Uso da empilhadeira como transporte	8	7	136	baixo
X ₄	Concentração de pedidos no final do expedinte	9	8	154	baixo
X ₅	Pedidos similares em requisições fracionadas em pequeno intervalo de tempo	9	9	162	baixo
X ₆	Superalocação dos empilhadores	7	7	126	alto
X ₇	Demora da análise de MP no lab	5	5	90	alto
X ₈	Piso irregular na área externa do 001 (mineral)	1	1	18	alto
X ₉	Área de estocagem descoberta no ALM 001	3	2	46	alto
X ₁₀	inventário diário de longa duração	2	1	28	alto
X ₁₁	balança superalocada	3	2	46	alto
X ₁₂	Inexistência de programação das requisições	9	9	162	baixo
X ₁₃	Necessidade de mais um computador no ALM 001	2	1	28	alto
X ₁₄	Recebimento de MP em unidade de movimentação de baixo volume	7	8	134	alto
X ₁₅	Área de transferência de MP sem cobertura	5	3	74	alto
X ₁₆	Baixo número de empilhadeiras	2	3	44	alto
X ₁₇	Volume de recebimento de mp em grande volume	7	7	126	alto
X ₁₈	Insuficiência de espaço pra armazenagem no ALM 001	5	5	90	alto
X ₁₉	Porta pallets insuficientes	3	3	54	alto
X ₂₀	Baixo número de paletes	2	2	36	alto
X ₂₁	Mudança na programação de produção	8	8	144	baixo
X ₂₂	Pedido de MP urgente	9	9	162	baixo
X ₂₃	Demora no envio das MPs requisitadas	4	5	80	baixo
X ₂₄	Sistema PEPS inconsistente	2	2	36	baixo
X ₂₅	Quebra da empilhadeira	3	3	54	alto
X ₂₆	Quebra do caminhão	8	8	144	alto
X ₂₇	Ausência do operador para envio de MP	3	3	54	alto
X ₂₈	Falha no registro da transferência no sistema	3	3	54	alto
X ₂₉	Item pendente de lançamento no Baan	4	3	64	baixo
X ₃₀	Programação da produção com mix muito variado	8	8	144	alto
X ₃₁	Procedimento de requisição de embalagens despadronizado entre turnos	5	6	98	baixo
X ₃₂	Não padronização de peso dos minerais	5	5	90	alto
X ₃₃	Pedido de embalagens em excesso (tipo e quantidade)	3	3	54	baixo
X ₃₄	Carência de treinamento para operadores de	2	2	36	baixo
X ₃₅	Despadronização dos pallets para movimentação	5	4	82	alto
X ₃₆	Excesso de paletes quebrados	4	4	72	baixo

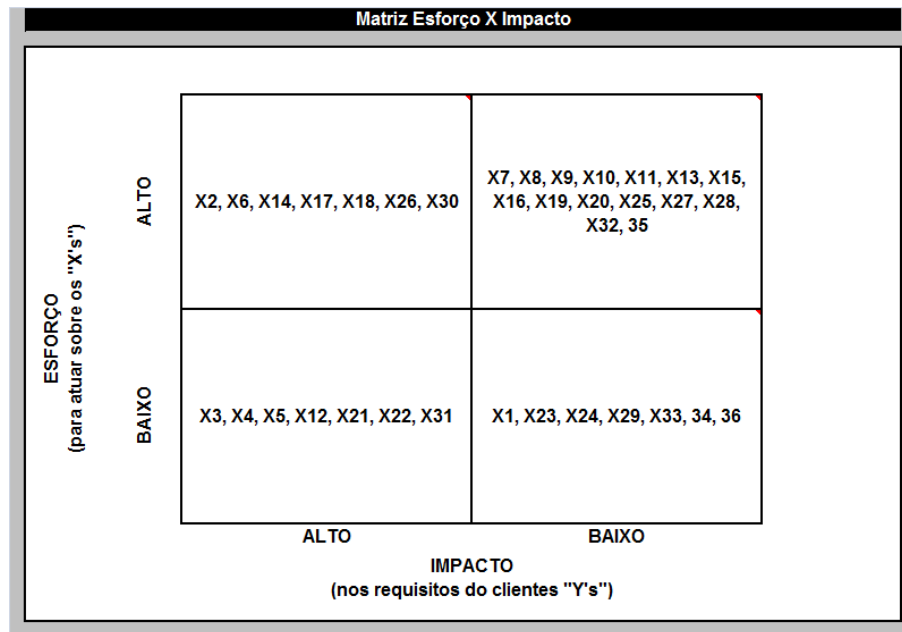
Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

4.4.2.5 Priorização das possíveis causas

Na etapa seguinte do modelo aplicado, foi utilizada a Matriz Esforço x Impacto. Essa ferramenta foi aplicada a fim de se priorizar dentre as possíveis causas de variação levantadas, aquelas com maior influência no processo e menor grau de dificuldade em sua

correção. A Matriz Esforço x Impacto ajudou a visualizar as causas que devem ser atacadas primeiramente no projeto. O resultado desse mapeamento para melhor visualização das causas levantadas revela as causas vitais de variação no processo. A Figura 23 exibe a matriz elaborada no projeto.

Figura 23 – Matriz Esforço x Impacto elaborada no projeto.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

4.4.2.6 Medição do desempenho estatístico do processo

Ainda na fase de medição, foram coletados dados mensuráveis sobre o processo estudado. A partir da coleta desses dados, pode-se conhecer o comportamento estatístico do processo. Para isso, foi importante medir a estatística descritiva do processo, ou seja, conhecer os valores das principais variáveis estatísticas de modo a se obter uma primeira medição do processo, através de seus valores.

O mês de janeiro de 2012 foi escolhido como mês de amostragem, por ser o mês mais recente, quando na fase de medição em fevereiro, e por apresentar quantidade de dados suficientes para as medições a serem realizadas. Os meses seguintes seriam então tomados como fornecedores de dados para a análise na fase seguinte. A medição se iniciou pela coleta dos dados referentes ao Y¹ do projeto, movimentação de matéria prima em toneladas por produção em toneladas. A Tabela 2 revela os dados referentes ao indicador no período observado, bem como a amplitude móvel para cada subgrupo.

Tabela 2 – Valores individuais de Y¹ e da amplitude móvel (jan/2012).

Subgrupo	Y ¹ (Mov/Prod) jan/12	Amplitude Móvel
1	0,22	
2	0,36	0,14
3	0,37	0,01
4	0,30	0,07
5	0,28	0,03
6	0,36	0,09
7	0,52	0,15
8	0,32	0,20
9	0,37	0,05
10	0,35	0,02
11	0,42	0,07
12	0,34	0,08
13	0,35	0,01
14	0,27	0,08
15	0,26	0,01
16	0,54	0,29
17	0,46	0,09
18	0,39	0,07
19	0,29	0,10
20	0,36	0,07
21	0,36	0,00
22	0,23	0,13
$\overline{Y^1} = 0,35$		$\overline{MR} = 0,08$

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

A partir dos dados de Y¹ acima foram conhecidas as principais variáveis, como média, amplitude, desvio padrão, variância, que constam na Tabela 3.

Tabela 3 – Dados estatísticos do processo (jan/2012).

DADOS ESTATÍSTICOS DO PROCESSO (jan/12)											
Variável	Mês	N	Desvio		Variância	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Amplitude
			Média	Padrão							
Y ¹	Jan	22	0,3509	0,0824	0,00679	0,2200	0,2875	0,3550	0,3750	0,5400	0,3200

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Era necessário saber qual a especificação para a relação movimentação sobre produção que estava sendo analisada. Para determinação dessa especificação, com auxílio do laboratório de desenvolvimento de produtos, tomou-se inicialmente como base o percentual médio do volume de mineral consumido em cada fórmula química de base das linhas de látex e textura.

Obtidos os percentuais médios do volume de mineral constantes na fórmula química de cada linha, relacionaram-se esses valores com a produção anual de cada uma delas. Desse modo, a fim de se obter um valor médio representativo para Y¹, foi realizada

uma média ponderada com os valores citados, a fim de se obter um valor representativo não só em função do valor de projeto do percentual de mineral na formulação química dos produtos, mas também em função do volume produzido em cada linha.

Realizados esses cálculos, pôde-se chegar ao valor de 0,34, que representa o consumo do volume de mineral na produção das bases das linhas de látex e textura. Ou seja, para cada tonelada de base produzida nas linhas de látex ou textura, aproximadamente 340 kg de mineral são consumidos.

No entanto, não necessariamente, o volume de mineral movimentado para abastecimento da produção é igual ao consumido na produção. Isso porque, existe variabilidade no processo de movimentação em virtude do tamanho dos lotes de movimentação, que tem tamanho padrão e, logo, não são movimentados na quantidade exata a ser consumida. Na tentativa de mensurar essa variação chegou-se ao valor de 6%, que corresponde ao volume médio que resta de mineral no almoxarifado de material em processo após o consumo ocorrido relativo a um determinado abastecimento realizado para a produção. A partir daí, o valor obtido foi adotado como o percentual de variação natural do processo de abastecimento.

Além disso, a movimentação em toneladas realizada em um dia não necessariamente corresponde à produção realizada no mesmo dia. Isso ocorre porque do volume de mineral requisitado e recebido hoje, por exemplo, pelo almoxarifado em processo, parte dele é correspondente à produção do dia seguinte. Considera-se esse um fato normal haja vista que a fábrica opera 24 horas por dia e a matéria prima deve estar separada, pesada e disponível para o consumo na produção, no momento em que esta necessitar.

Determinada a especificação do processo, era necessário ainda determinar os limites de especificação do mesmo. Para isso, foi estudada a tolerância aceitável no processo de movimentação de matéria prima mineral. Logo, foi observado, com a ajuda do laboratório de desenvolvimento de produtos, que havia um percentual de tolerância quanto ao volume de mineral consumido a mais ou a menos na fórmula química das bases analisadas. Esse percentual gira em torno de aproximadamente 5%.

Os limites de especificação do processo foram obtidos então a partir das seguintes fórmulas:

$$LSE = E + VN + T \quad (13)$$

$$LIE = E - VN - T \quad (14)$$

Onde,

LSE = Limite Superior de Especificação

LIE = Limite Inferior de Especificação

E = Especificação meta

VN = % de variação natural do processo de abastecimento

T = % de tolerância de mineral na fórmula química

Logo, para o limite superior de especificação (LSE) obteve-se:

$$LSE = 0,34 + 0,06 + 0,05$$

$$LSE = 0,45$$

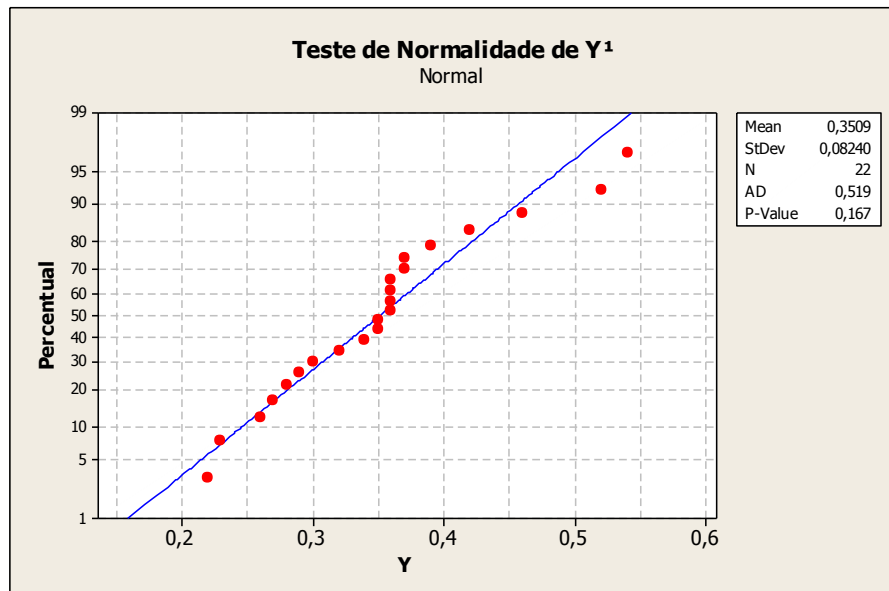
E para o limite inferior de especificação (LIE):

$$LIE = 0,34 - 0,06 - 0,05$$

$$LIE = 0,23$$

Mensurados os parâmetros e as variáveis que descrevem de certo modo o processo analisado, foi realizado o teste de normalidade do processo. O objetivo desse teste era saber se o processo seguia uma distribuição normal, ou não. O Gráfico 1, gerado com a ajuda do software estatístico minitab, revela o resultado do teste realizado com dados de Y^1 do mês de janeiro de 2012.

Gráfico 1 – Teste de normalidade do processo de Y^1 .



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

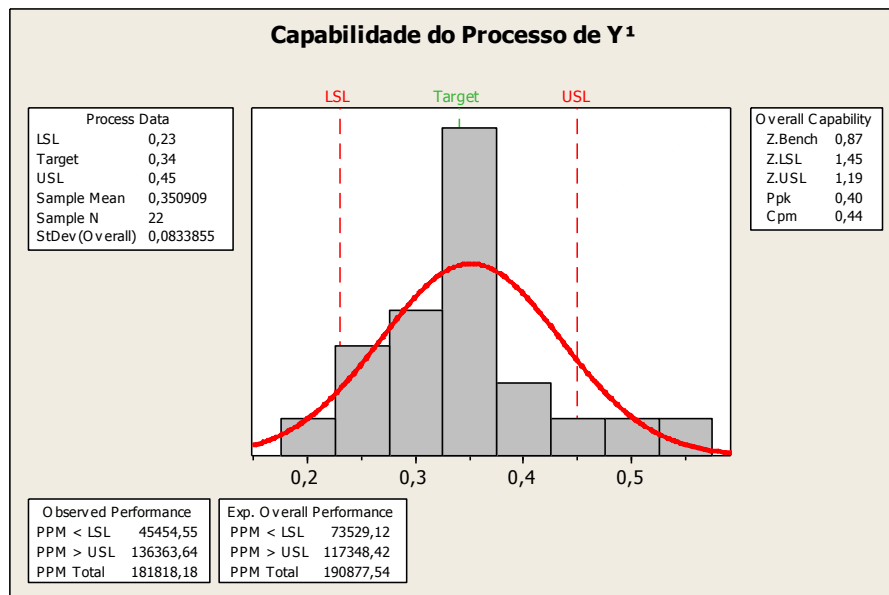
O Gráfico 1 segue o princípio do teste de normalidade de Anderson Darling, que considera que os dados seguem distribuição normal para P-valor (P -Value) acima de 5%. Quanto maior o P-Valor, maior a indicação de que os dados seguem uma distribuição. O P-

Valor para dos dados aqui analisados é 16,7%, portanto, os dados seguem distribuição normal.

4.4.2.7 Medição da habilidade do processo em gerar defeitos

O conhecimento da distribuição do processo permite que sejam aplicados métodos paramétricos que se baseiam na suposição de que os dados observados na amostra são oriundos de uma população com distribuição de forma teórica conhecida, nesse caso distribuição normal. Logo, fez-se novamente uso do software minitab para que fossem conhecidas a capacidade do processo, bem como a quantidade de defeitos gerados por milhão de oportunidade, ou DPMO. O resultado se observa através do Gráfico 2.

Gráfico 2 – Capabilidade do processo de Y¹.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Desse modo, segundo o resultado da medição feita com a ajuda do minitab, tem-se os seguintes parâmetros:

$$\text{Nível Sigma de Y}^1 = Z_{\text{bench}}$$

$$\text{Nível Sigma de Y}^1 = 0,87$$

$$\text{DPMO} = 190.877$$

Conclui-se portanto que o processo de movimentação de matéria prima, mais especificamente mineral, apresenta valor de 0,87 sigma, o que significa dizer que o processo possui 0,87 desvios padrões entre a média e o limite de especificação mais próximo. Pode-se concluir ainda que o processo possui uma habilidade de gerar defeituosos por milhão de oportunidade da ordem de 190.877 itens.

Como o processo estudado trata da movimentação de minerais em relação à produção a partir daquele item, significa dizer que o processo apresenta movimentação fora do que foi assumido como aceitável, em torno de 190.877 vezes a cada milhão de movimentações realizadas. Desse modo, a probabilidade de o processo apresentar índice de movimentação por produção fora dos limites de especificação é de 19,08%.

4.4.3 Fase analisar

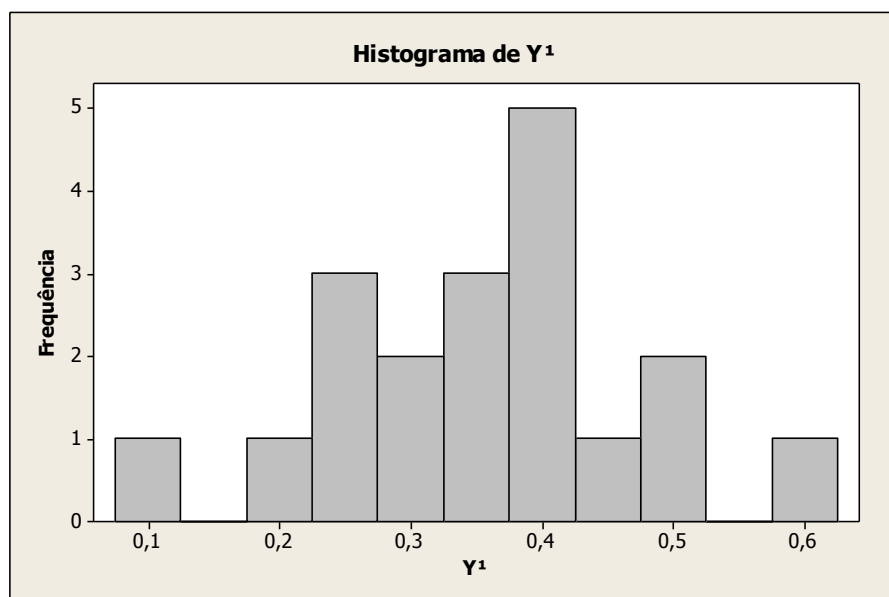
Tendo-se conhecido o comportamento do processo, bem como os valores que representam as medições dele, pode-se iniciar a fase de Análise, dando sequência ao ciclo DMAIC. A seguir serão analisados tanto os Xs como o Y¹ do projeto.

4.4.3.1 Análise do comportamento do processo

Para abrir a fase de análise foram estudados os dados do processo a partir de sua aplicação em um Histograma. Essa ferramenta permitiu observar como se comportava a distribuição da frequência dos dados. O Histograma dá ainda uma ideia da distribuição que segue o processo, apesar de já conhecido que os dados seguem distribuição normal.

Desse modo, era de se esperar que o histograma apresentasse forma de sino, com valor médio no meio e decrescimento gradual para os extremos. Contudo, apesar de apresentar distribuição similar à curva normal, pôde-se observar que os dados possuíam, para o mês de abril, distribuição levemente enviesada à esquerda. Além disso, verifica-se uma variabilidade significativa nos dados coletados, conforme revela o Gráfico 3.

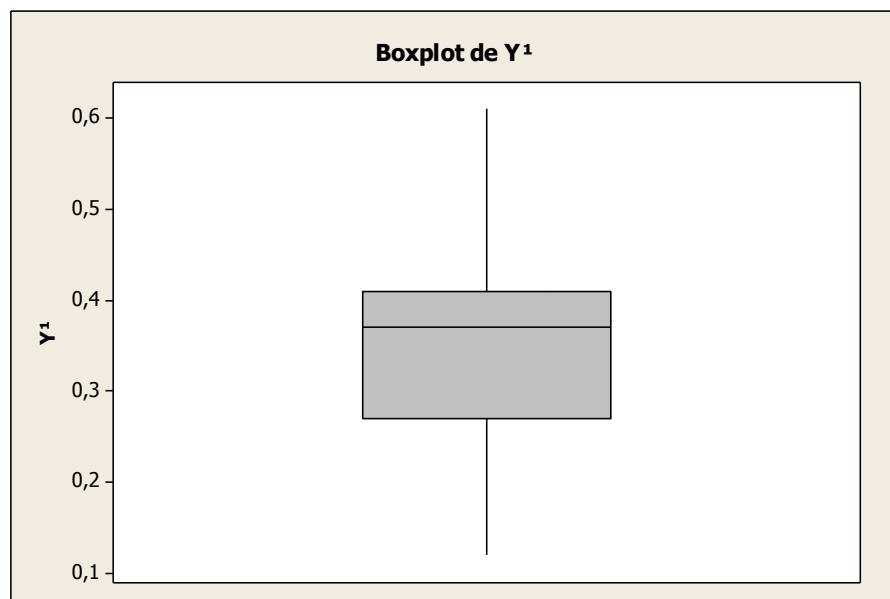
Gráfico 3 - Histograma do processo de Y¹



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Analisado o histograma resolveu-se observar também o diagrama de caixas do processo, ou *Boxplot*. Da aplicação desse diagrama foi possível concluir que havia leve assimetria dos dados para valores baixos, conforme se observa no Gráfico 4. Verificou-se ainda que os dados não se encontravam distribuídos em torno de um valor mediano, complementando e confirmando as observações realizadas no histograma. O processo é, portanto, levemente assimétrico para valores baixos, conforme revelado por ambas as ferramentas utilizadas.

Gráfico 4 – Boxplot do processo de Y¹.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Ao observar o comportamento da distribuição do processo com o auxílio dos gráficos acima, procurou-se entender quais eram os motivos que levavam a variação do processo. Destaca-se esse como um momento de fundamental importância ao projeto. Isso porque, aqui foram analisadas não só as causas de variação levantadas na fase anterior, mas também as causas da variabilidade natural do processo, aquela considerada normal, causada por características intrínsecas a ele.

Percebeu-se que no processo de movimentação entre os almoxarifados em relação à matéria prima mineral o lote mínimo de movimentação é determinado segundo o consumo do item pela produção. Os minerais mais demandados pela produção são movimentados em paletes, enquanto os de menor consumo são movimentados por sacos. Esses sacos variam em peso conforme o fornecedor do mineral. Por exemplo, um fornecedor A fornece o mineral Z em sacos de 25 Kg, enquanto outro fornecedor dispõe do mesmo mineral em sacos de 30 Kg.

Naturalmente, os paletes, que são compostos por vários sacos, de um mesmo mineral também variam entre si, conforme o fornecedor.

No entanto, foi observado que essas variações ocorrem também para um mineral de um mesmo fornecedor. Isso, devido ao fato de que o controle feito no recebimento é especificamente quanto à qualidade do material, que é inspecionado antes em laboratório, e quanto ao peso total da carga recebida no caminhão, não havendo inspeção referente ao peso dos lotes unitários da matéria prima. Isso porque como o consumo do mineral é realizado na ordem de uma tonelada por ordem de produção, o processo atual entende que o tamanho unitário do saco não é influente na produção.

Outro ponto é que, haja vista que o mineral é recebido em paletes do fornecedor e transferido à produção segundo a quantidade desses mesmos paletes, a matéria prima é requisitada não em função do volume que será consumido na produção daquele dia, mas em função da quantidade mínima possível de ser transferida. Ou seja, o almoxarifado em processo poderia precisar preparar 1.000 Kg de um determinado mineral para atender a produção de uma determinada ordem de produção, porém 1.100 Kg deverão ser transferidos, pois esta, por exemplo, é a quantidade constante em um palete do respectivo mineral, ou seja, a quantidade mínima de movimentação para aquele item.

Isso ocorre porque desmembrar a matéria prima recebida em paletes no almoxarifado de matéria prima para a movimentação em sacos para o almoxarifado em processo, segundo a quantidade necessária por ordem de produção, traria ao processo atual excesso quanto à movimentação e desperdício de recursos, como tempo e mão de obra, maiores que os desperdícios que se tem atualmente. Além do que o próprio saco é, com frequência, dividido em volumes menores segundo o consumo do item nas ordens de produção.

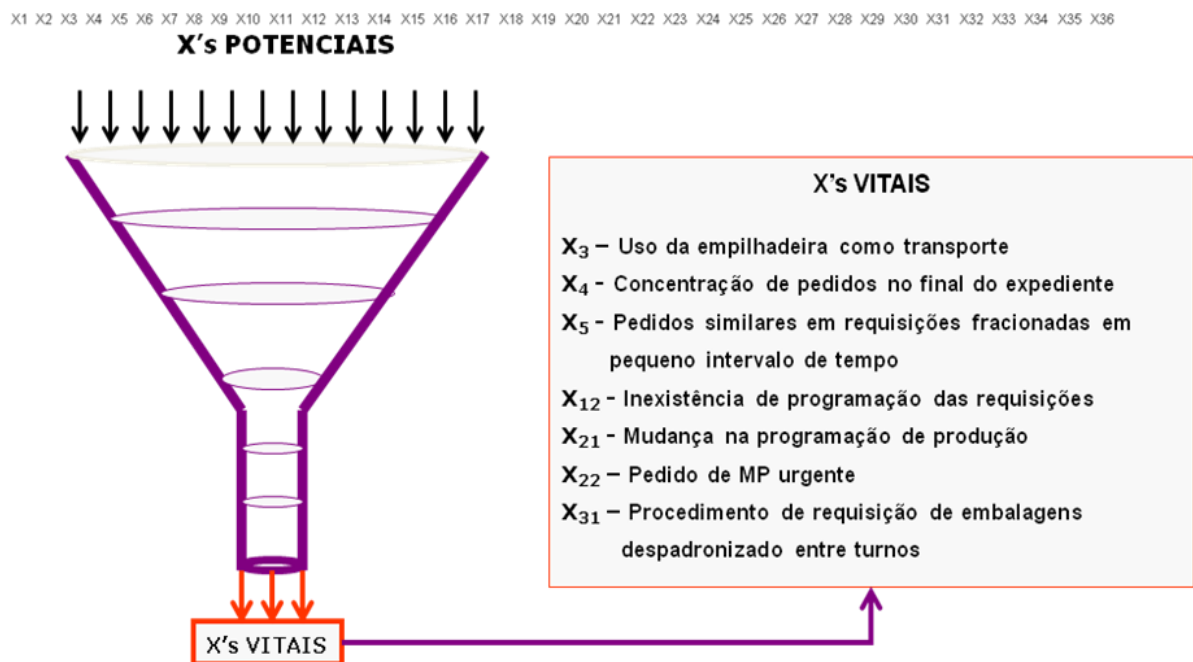
Os pontos relatados auxiliam no entendimento do comportamento do processo e da configuração apresentada pelos gráficos abordados.

4.4.3.2 Efeito funil

Inicialmente analisado o comportamento do Y^1 do processo na fase de análise, deve-se analisar também as possíveis causas coletadas na fase anterior. A ideia é concluir a aplicação das ferramentas empregadas de modo a se obter um “efeito funil” na triagem das causas abordadas. Ou seja, muitas foram as causas potenciais levantadas, de onde poucas eram vitais para o bom desempenho do processo.

O processo de medição se iniciou com o levantamento das possíveis causas de variação no processo, onde foram levantadas 44 causas potenciais por meio da aplicação do *brainstorming*. Daí, triado o primeiro montante de causas potenciais, restaram 36 possíveis causas, que foram aplicadas no Diagrama de Ishikawa, Matriz Causa e Efeito e Matriz Esforço x Impacto, respectivamente. Ao final da aplicação das ferramentas citadas, obtiveram-se sete causas vitais. A Figura 24 exemplifica o processo de obtenção das causas vitais, identificando cada uma delas.

Figura 24 – Efeito funil.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Analisando o resultado do efeito funil, percebe-se que das sete causas somente duas eram cabíveis de serem mensuradas estatisticamente, haja vista a inexistência de dados para medir as demais. As causas não mensuráveis foram tratadas com a aplicação da ferramenta FMEA, disposta na seção 4.4.3.5. As duas possíveis causas identificadas como mensuráveis foram X4 e X5, respectivamente, concentração de pedidos no final do expediente e pedidos similares em requisições fracionadas em pequeno intervalo de tempo.

Iniciou-se então o processo de análise a partir dessas duas variáveis. Observa-se que as duas são relativas às requisições de matéria prima do almoxarifado de material em processo para o almoxarifado de armazenagem de matéria prima. Assim, foram coletadas as requisições de matéria prima para os meses em observação. A Tabela 4 apresenta todos os valores diários das requisições de mineral entre os meses de fevereiro e abril de 2012.

Tabela 4 – Requisições diárias de mineral.

Fevereiro	Qtd de Req	Março	Qtd de Req	Abril	Qtd de Req
01/02/2012	10	01/03/2012	12	02/04/2012	5
02/02/2012	9	02/03/2012	11	03/04/2012	12
03/02/2012	9	05/03/2012	6	04/04/2012	5
06/02/2012	4	07/03/2012	7	05/04/2012	9
07/02/2012	5	08/03/2012	11	09/04/2012	10
08/02/2012	15	09/03/2012	7	10/04/2012	9
09/02/2012	11	12/03/2012	8	11/04/2012	12
10/02/2012	7	13/03/2012	10	12/04/2012	10
13/02/2012	9	14/03/2012	8	13/04/2012	12
14/02/2012	10	15/03/2012	14	16/04/2012	9
15/02/2012	11	16/03/2012	10	17/04/2012	12
16/02/2012	15	20/03/2012	8	18/04/2012	14
17/02/2012	7	21/03/2012	13	19/04/2012	9
23/02/2012	16	22/03/2012	12	20/04/2012	11
24/02/2012	16	23/03/2012	10	23/04/2012	10
27/02/2012	7	26/03/2012	9	24/04/2012	11
28/02/2012	11	27/03/2012	8	25/04/2012	13
29/02/2012	10	28/03/2012	14	26/04/2012	13
		29/03/2012	11	27/04/2012	12
		30/03/2012	7		

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

A partir dos dados levantados quanto às requisições de matéria prima, realizou-se o levantamento das variáveis estatísticas descritivas, a fim de se obter uma primeira impressão do processo analisado. Os dados obtidos podem ser observados na Tabela 5.

Tabela 5 - Dados estatísticos das requisições (fev a abr/12)

DADOS ESTATÍSTICOS DAS REQUISIÇÕES (Fev-Abr / 2012)											
Variável	Mês	N	Média	Desvio Padrão	Variância	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Amplitude
Req (Fev-Abr)	fev	18	10,111	3,563	12,693	4	7	10	12	16	12
	mar	20	9,8	2,419	5,853	6	8	10	11,75	14	8
	abr	19	10,421	2,434	5,924	5	9	11	12	14	9

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

4.4.3.3 Análise das causas de variação do processo

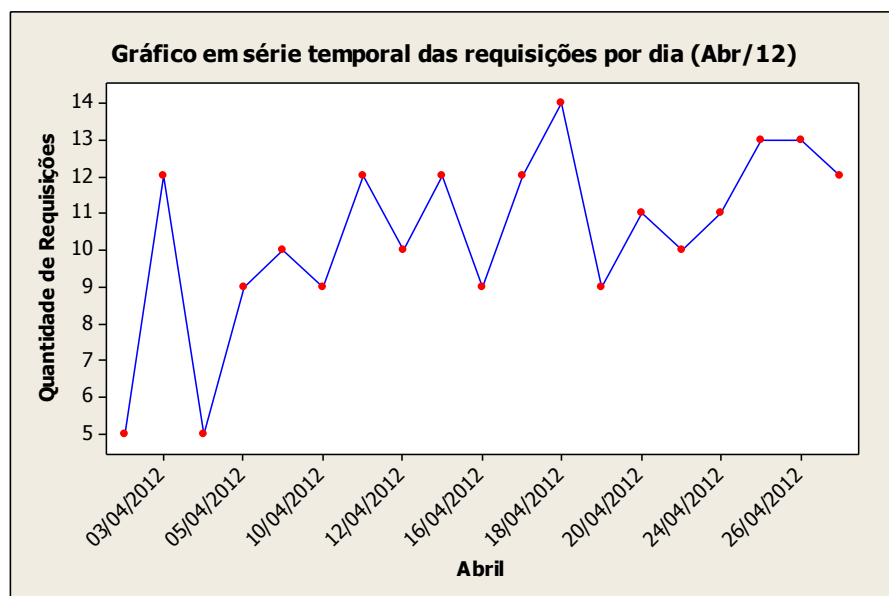
O Gráfico 5 permite analisar o comportamento da quantidade de requisições de matéria prima por dia. Para tanto, foram tomados os dados de abril de 2012, como mostra a Tabela 6.

Tabela 6 – Quantidade de Requisições diárias (abr/12)

Abril	Qtd Req
02/04/2012	5
03/04/2012	12
04/04/2012	5
05/04/2012	9
09/04/2012	10
10/04/2012	9
11/04/2012	12
12/04/2012	10
13/04/2012	12
16/04/2012	9
17/04/2012	12
18/04/2012	14
19/04/2012	9
20/04/2012	11
23/04/2012	10
24/04/2012	11
25/04/2012	13
26/04/2012	13
27/04/2012	12

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Gráfico 5 - Gráfico em série temporal das requisições diárias (abr/12)



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

O Gráfico 5 relaciona a evolução da quantidade de requisições de matéria prima, especificamente mineral, no decorrer dos dias do mês de abril. Analisando esse gráfico,

observa-se que há uma variabilidade considerável nas quantidades de requisições diárias de mineral. Além disso, nota-se que é elevada a amplitude dos dados observados, ou seja, no mês de abril houve dia em que foram feitas 14 requisições, enquanto em outros apenas 5 requisições foram solicitadas ao almoxarifado de armazenagem de matéria prima.

A segunda análise realizada em relação ao X identificado, ou seja, às quantidades de requisições diárias de matéria prima mineral identificou o comportamento dos pedidos de matéria prima no decorrer das horas de trabalho dia a dia. Os dados levantados para tal análise encontram-se disponíveis na Tabela 7. Logo em seguida, é exibido o gráfico elaborado a partir do conteúdo dessa tabela.

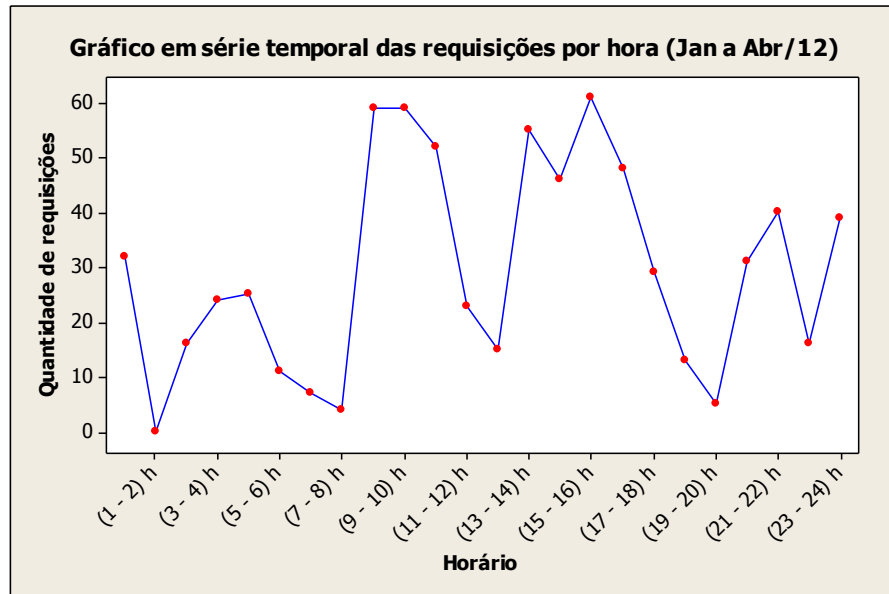
Tabela 7 – Quantidades de requisições por hora (jan a abr/12).

Horários	Quantidade de Requisições
(0 - 1) h	32
(1 - 2) h	0
(2 - 3) h	16
(3 - 4) h	24
(4 - 5) h	25
(5 - 6) h	11
(6 - 7) h	7
(7 - 8) h	4
(8 - 9) h	59
(9 - 10) h	59
(10 - 11) h	52
(11 - 12) h	23
(12 - 13) h	15
(13 - 14) h	55
(14 - 15) h	46
(15 - 16) h	61
(16 - 17) h	48
(17 - 18) h	29
(18 - 19) h	13
(19 - 20) h	5
(20 - 21) h	31
(21 - 22) h	40
(22 - 23) h	16
(23 - 24) h	39

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

O Gráfico 6 relaciona a quantidade de requisições de matéria prima, mineral, segundo o horário em que são realizadas. Os dados observados também são referentes ao mês de abril.

Gráfico 6 - Gráfico em série temporal das requisições por hora (jan a abr/12).



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Pode-se concluir do Gráfico 6, que em todos os horários existe incidência de requisições da matéria prima analisada, o que confirma mais uma das causas vitais apontadas X12 – inexistência de programação das requisições de matéria prima. Percebe-se também que a variabilidade da quantidade de requisições apresentada no gráfico é expressiva para a matéria prima mineral. E, além disso, nota-se que há um pico nas solicitações de mineral no final do expediente, sobretudo, no horário comercial, em torno das 16 e 17 horas, conforme apontou a causa levantada de número 4.

4.4.3.4 Análise da influência das causas vitais no desempenho do processo

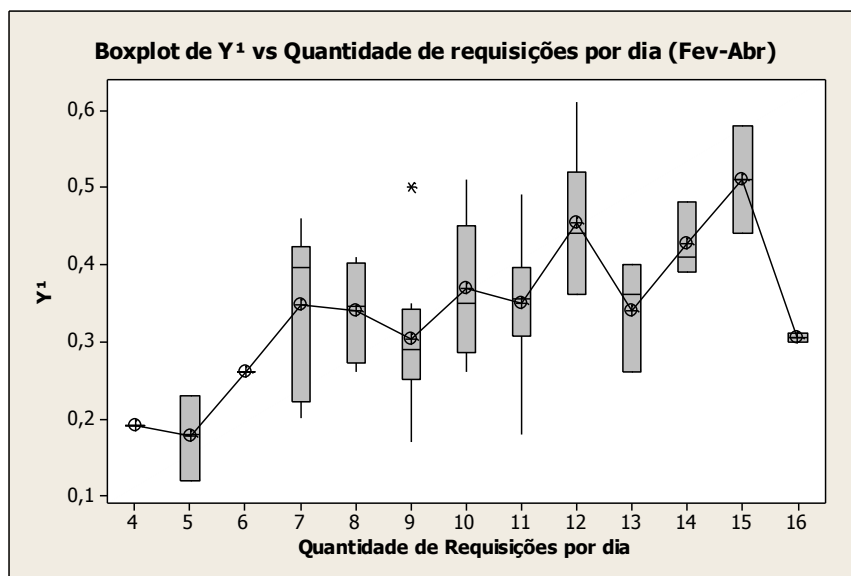
Realizadas as análises da quantidade de requisições de matéria prima em séries temporais, faltava conhecer o impacto ou a influência que as quantidades diárias de requisições de matéria prima causavam no Y¹ do processo. Assim, foram coletadas as informações dispostas na Tabela 8, de modo que se conseguisse elaborar um relacionamento entre essas quantidades e o indicador analisado.

Tabela 8 – Quantidade de requisições Vs. valores de Y^1 por dia (fev a abr/12).

Fev	Y^1	Qtd	Mar	Y^1	Qtd	Abr	Y^1	Qtd
1-fev	0,51	10	1-mar	0,52	12	2-abr	0,12	5
2-fev	0,35	9	2-mar	0,33	11	3-abr	0,50	12
3-fev	0,50	9	5-mar	0,26	6	4-abr	0,18	5
6-fev	0,19	4	7-mar	0,40	7	5-abr	0,32	9
7-fev	0,23	5	8-mar	0,30	11	9-abr	0,49	10
8-fev	0,58	15	9-mar	0,23	7	10-abr	0,31	9
9-fev	0,38	11	12-mar	0,31	8	11-abr	0,44	12
10-fev	0,41	7	13-mar	0,26	10	12-abr	0,39	10
13-fev	0,25	9	14-mar	0,41	8	13-abr	0,36	12
14-fev	0,34	10	15-mar	0,39	14	16-abr	0,27	9
15-fev	0,18	11	16-mar	0,35	10	17-abr	0,38	12
16-fev	0,44	15	20-mar	0,38	8	18-abr	0,41	14
17-fev	0,46	7	21-mar	0,36	13	19-abr	0,25	9
23-fev	0,31	16	22-mar	0,36	12	20-abr	0,34	11
24-fev	0,30	16	23-mar	0,29	10	23-abr	0,41	10
27-fev	0,39	7	26-mar	0,17	9	24-abr	0,37	11
28-fev	0,40	11	27-mar	0,26	8	25-abr	0,40	13
29-fev	0,28	10	28-mar	0,48	14	26-abr	0,26	13
			29-mar	0,49	11	27-abr	0,61	12
			30-mar	0,20	7			

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

De posse dos dados levantados, foi elaborado um *boxplot* com grupos para investigar a influência da variável de entrada no indicador analisado. O Gráfico 7 revela o relacionamento entre a quantidade de requisições de matéria prima mineral e o índice de movimentação diária de mineral sobre a respectiva produção diária.

Gráfico 7 - Gráfico *boxplot* entre X e Y^1 .

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

O Gráfico 7 acima dispôs os dados apresentados na Tabela 8 de modo a formar *boxplots* com os valores de Y^1 estratificados segundo a frequência das quantidades de

requisições diárias de mineral realizadas entre os meses de fevereiro e abril de 2012. Por exemplo, para o valor 7 do eixo x (quantidade de requisições diárias de mineral) existe um *boxplot* correspondente formado com valores de Y^1 , referentes aos dias em que houve sete requisições de matéria prima mineral. Logo, os *boxplots* presentes no gráfico revelam o comportamento ou a distribuição do Y^1 do projeto agrupado segundo a quantidade de requisições diárias de matéria prima mineral.

Os pontos demarcados no Gráfico 7 e ligados por uma linha são a média dos valores de Y^1 em cada *boxplot*. Apesar de que para algumas quantidades de requisições diárias não houve, entre os meses de fevereiro e abril, uma frequência suficiente para formar o *boxplot* completamente, a informação apresentada revela no mínimo a mediana e a média de Y^1 referente aquele dia. Sendo, desse modo, relevante para ser analisada quanto à finalidade do estudo.

Era de se esperar que houvesse quantidades de requisições diferentes dia a dia. Essa variação foi inclusive revelada no gráfico de série temporal entre a quantidade de requisições de mineral por dia, apresentado anteriormente. Desse modo, é válida a permanência e análise do ponto no gráfico. Naturalmente, os *boxplots* formados completamente cumprem sua função revelando os valores da mediana, primeiro e terceiro quartil, bem como os valores máximo e mínimo da distribuição de Y^1 , segundo os dias em que houve determinada quantidade de requisições de mineral.

Analisando o gráfico acima, pode-se concluir que há evidências de que a quantidade de requisições diárias de matéria prima mineral influencia no indicador de movimentação diária de mineral sobre a produção diária. Observa-se que na medida em que há o aumento das requisições diárias (eixo x), há um aumento correspondente no Y^1 do projeto, evidenciando influência de X sobre Y^1 .

4.4.3.5 Análise dos modos de falha do processo

Para tratamento das causas não mensuráveis fez-se uso da ferramenta FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*). Com a aplicação da ferramenta, foram tratados os riscos de falhas relativos a cada um dos X's apontados como vitais na matriz de esforço e impacto, em especial aqueles tidos como subjetivos. O FMEA foi aplicado a partir do conhecimento tácito da equipe e seus supervisores. O Quadro 9 exhibe o modelo do FMEA aplicado no projeto. O conteúdo gerado no FMEA foi suprimido por motivo de sigilo do processo da empresa em estudo.

Quadro 9 – Modelo de FMEA elaborado no projeto.

Identificação da Etapa	Etapa do Processo	Principais Entradas do Processo	Modo de Falha Potencial	Efeitos das Falhas Potenciais	SEV	Causas Potenciais	OCO	Controles Atuais	DET	RPN	Ações Recomendadas	Responsável	Ações Tomadas	SEV	OCO	DET	RPN

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

4.4.4 Fase melhorar

Concluída a fase anterior e analisadas as causas vitais, e como elas influenciam no comportamento do Y¹ do projeto, deu-se início a fase seguinte, a fase de melhoria. Nessa fase foram aplicadas ferramentas para a solução dos problemas observados nas fases anteriores.

A fase de análise permitiu a comprovação da relação existente entre a quantidade de requisições de matéria prima mineral e a produção correspondente. Nota-se, por exemplo, que ao se realizarem três pedidos de matéria prima, com um intervalo de 30 minutos entre eles, três movimentações são geradas. No entanto, se essas requisições forem realizadas de forma agrupada, potencializa-se a movimentação da matéria prima de forma também agrupada, limitada apenas pela capacidade de transferência do caminhão e/ou da empilhadeira, eliminando-se movimentações desnecessárias.

Para o exemplo citado, apenas uma requisição, relativa ao mesmo volume dos três pedidos do exemplo, poderia gerar apenas duas ou até mesmo uma só movimentação, respeitando-se a capacidade dos recursos de movimentação. Pode-se, portanto, concluir que, para uma mesma produção, o aumento da quantidade de requisições leva ao aumento da quantidade de movimentações, acarretando em aumento do índice de movimentação logística.

Iniciando a fase de melhoria foi elaborado um plano de ação, a fim de se obter um planejamento que orientasse as tomadas de decisões e a execução das ações de correção e intervenção. Abaixo segue o plano de ação elaborado.

4.4.4.1 Planejamento das ações de correção

A fim de melhorar o processo e eliminar as causas vitais apontadas nas fases anteriores fez-se uso da técnica 5W1H para a elaboração do plano de ação do projeto. As ações abaixo foram criadas com foco nas sete causas vitais, melhorando o desempenho do processo. As ações planejadas deram origem a um plano de ação, segundo o modelo exibido no Quadro 10. O conteúdo do plano de ação foi suprimido por motivo de sigilo do processo da empresa em estudo.

Quadro 10 – Modelo do plano de ação elaborado no projeto.

Ações	O que?	Quem?	Quando?	Onde?	Por que?	Como?	Status	Comentários
1								
2								
3								
...								
13								
14								

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Elaborado o planejamento das ações, as atividades para cumprimento do plano de ação foram sendo implementadas uma a uma, na sequência em que foram planejadas. Algumas dessas ações merecem destaque pela utilização de ferramentas específicas em sua implementação e/ou pelo impacto significativo que tiveram no processo. A seguir são abordadas as principais ações realizadas.

4.4.4.2 Aplicação das ações de melhoria

A principal intervenção no processo estudado realizou-se por meio da implantação de um sistema *kanban* de movimentação, envolvendo principalmente os almoxarifados de armazenagem de matéria prima e de material em processo. *Kanban* é uma ferramenta *Lean*, abordada no capítulo dois, para operacionalização de um determinado processo em um sistema de planejamento e controle puxado. A implementação de um sistema *kanban* exige planejamento prévio das etapas de sua implantação. O sistema *kanban* implementado teve seu planejamento dividido nas seguintes etapas:

4.4.4.2.1 Cálculo da demanda média diária de cada matéria prima movimentada

O cálculo da demanda foi realizado a partir de relatórios coletados do Sistema Integrado de Gestão (SIG), ou, como é mais conhecido esse tipo de software, do sistema *ERP* (*Enterprise Resource Planning*) da organização. A demanda foi extraída do mês que apresentou maior consumo em relação a cada matéria prima.

Em seguida, foi levado em consideração o crescimento significativo que se espera para o ano de 2012, que inclusive veio se confirmando até então. Esse crescimento tem ordem percentual média em torno de 30%. Logo, com a ajuda de uma planilha eletrônica cada demanda média mensal foi multiplicada por um fator de 1,3. O resultado para cada item foi dividido por 22, número médio de dias trabalhados, para obtenção da demanda média diária de cada matéria prima. Embora o projeto tenha foco nas matérias primas mineral e embalagem, esse cálculo foi realizado para todas as matérias primas do almoxarifado de armazenagem, pois se espera que em médio prazo o sistema *kanban* seja ampliado para uma quantidade bem maior de matéria prima movimentada.

4.4.4.2.2 Definição do tamanho do lote padrão de movimentação

A equipe do projeto optou por manter o atual modo de movimentação da matéria prima requisitada. A movimentação é realizada por mão de obra própria, que se utiliza dos recursos de uma empilhadeira e um caminhão para a movimentação da matéria prima entre os

almoxarifados. Mineral e embalagem, que são o foco do trabalho da equipe do projeto, são recebidos ambos em paletes.

A rigor, um palete de mineral é formado por dezenas de sacos formando uma carga que varia entre 1 e 1,5 toneladas. Apesar de acondicionados em paletes, alguns minerais eram movimentados em sacos devido à baixa quantidade demandada pela produção daquele item.

Essa lógica de movimentação foi mantida e, logo, o lote padrão de movimentação, ou contenedor, do sistema *kanban* foi determinado com um palete para os itens de alto consumo e um saco para aqueles de baixa demanda pela produção. Foi gerada então uma lista com todos os itens previstos no cálculo da demanda média diária identificando seus respectivos tipos de contenedores.

4.4.4.2.3 Dimensionamento do número de cartões

Tendo conhecidas as capacidades dos contenedores para cada matéria prima, e de posse da demanda média diária para cada item, o passo seguinte foi o dimensionamento do número de cartões de cada uma delas. Para tanto, foi utilizada a fórmula (1) abordada no capítulo dois deste trabalho:

$$Nk = \frac{D}{Q} \cdot Nd \cdot (1 + S) \quad (1)$$

Onde,

Nk = número total de cartões *kanban* no supermercado;

D = demanda média diária do item;

Q = tamanho do lote do cartão *kanban*;

Nd = número de dias de cobertura da demanda no supermercado;

S = segurança no sistema em percentual de cartões.

A cobertura da demanda no supermercado foi estipulada para 12h, ou seja, 0,5 dias devido a restrições de espaço e cultura da empresa em se trabalhar com o *Lean*. Adotou-se 20% como fator de segurança no número de cartões. Desse modo, teve-se $Nd = 0,5$ e $S = 0,20$. Para determinação do tamanho do lote de cada (Q) item foram preservadas as quantidades mínimas de movimentação já existente no processo. Em geral, essa quantidade era determinada pela capacidade de um palete para os itens de grande consumo, e de um saco para os itens de pequeno consumo. A variável (D) recebeu a demanda média diária do item para o mês de maior consumo do mesmo em relação ao ano anterior.

Determinados esse fatores, partiu-se para o cálculo do número de cartões, onde foi utilizada uma planilha eletrônica e gerada uma tabela com todos os itens elegíveis a compor o sistema *kanban* de movimentação.

4.4.4.2.4 Definição e negociação da área do supermercado

Até então, não havia uma área específica, organizada e identificada para armazenagem da matéria prima em processo. Um dos locais onde havia armazenagem de material era no interior do galpão de produção. No entanto, essa área está sendo gradativamente ocupada pela expansão das linhas de produção já relatada neste trabalho. Desse modo, um novo local para armazenagem da matéria prima em processo era necessária. A retirada do material do galpão de produção era não só uma questão a ser resolvida, mas também um dos objetivos do projeto, liberação de espaço na produção.

Já era previsto um local onde seriam armazenadas as matérias primas e formado o supermercado *kanban*. Contudo, esse espaço não estava livre e era ocupado pelo setor de expedição para armazenagem de um dos tipos de produto acabado. Logo, uma ação de negociação com o setor era necessária.

Desse modo, em análise a área que seria cedida, foi observada a melhor disposição dos paletes, ruas e área de trânsito da empilhadeira para as movimentações de consumo e abastecimento de matéria prima no supermercado. Com base nesses fatores calculou-se a área necessária para armazenagem de pelo menos todos os minerais, que representavam maior parte da movimentação de matéria prima. Daí, então foi determinada juntamente com o setor de expedição o tamanho final da área a ser ocupada pelo supermercado.

O espaço disponibilizado é parte de um galpão que mede 24 m de largura por 33,8 m de comprimento. No entanto, a área cedida para armazenagem tem 162 m², dispostos em 6 m de largura e 27 de comprimento. Além da área de armazenagem foi cedida uma área de 3 m de largura por 27 de comprimento para tráfego da empilhadeira na movimentação da matéria prima armazenada.

4.4.4.2.5 Seleção dos itens a compor o sistema *kanban*

De posse do tamanho real da área disponível, foram selecionados os itens que iriam compor o supermercado *kanban*. A seleção dos itens se deu em função da quantidade necessária de cartões, logo da demanda de cada item, no entanto, limitada pela área disponível para armazenagem. Desse modo, um total de 18 itens foi eleito a fazer parte do supermercado inicial do sistema *kanban* de movimentação. Juntos esses itens totalizaram 79 paletes, e 90

cartões de movimentação. A Tabela 9 abaixo mostra o resultado do dimensionamento do sistema *kanban*.

Tabela 9 – Dimensionamento do N° de cartões *kanban* de movimentação.

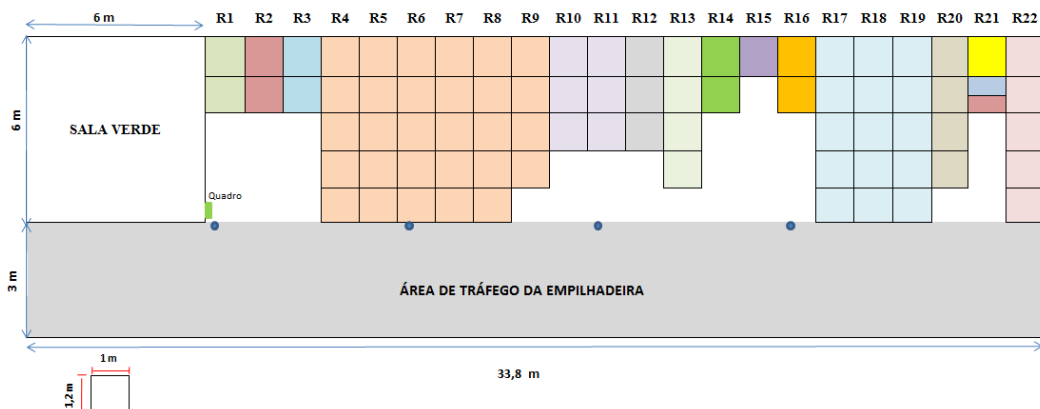
Dimensionamento do N° de Cartões <i>Kanban</i> de Movimentação						
Cod do Item	Item	Tamanho	Tipo	Demana (kg)/ mês	Demanda (kg)/24h	N° Cartões
01010500005	MP_1	1000	palete	27.765,73	1.262,08	1
01010600008	MP_2	1000	palete	47.190,62	2.145,03	2
01050500001	MP_3	1250	palete	147.260,00	6.693,64	4
01050500004	MP_4	1000	palete	2.351,36	106,88	1
01050600001	MP_5	1200	palete	42.508,04	1.932,18	1
01050600002	MP_6	1100	palete	571.785,81	25.990,26	15
01050600008	MP_7	1200	palete	63.299,49	2.877,25	2
01050600010	MP_8	25	saco	2.775,99	126,18	4
01050600011	MP_9	1100	palete	338.142,23	15.370,10	9
01050700002	MP_10	1000	palete	14.407,64	654,89	1
01050700003	MP_11	1000	palete	58.266,72	2.648,49	2
01050700006	MP_12	1500	palete	70.497,60	3.204,44	2
01050700007	MP_13	1000	palete	88.827,61	4.037,62	3
01060600009	MP_14	30	saco	769,69	34,99	1
01060600011	MP_15	25	saco	1.416,85	64,40	2
01060600014	MP_16	25	saco	3.307,19	150,33	4
01060700001	MP_17	30	saco	1.851,10	84,14	2
02260600008	MP_18	1350	palete	56.600,00	2.572,73	2

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

4.4.4.2.6 Definição do leiaute do supermercado

O passo seguinte na implementação do sistema *kanban* foi a configuração do leiaute dos contenedores e suas respectivas matérias primas na área do supermercado. A área visualizada a seguir é parte de um galpão que antes era utilizado somente pelo setor de expedição de tintas líquidas para armazenagem de um determinado tipo de produto acabado. A partir daí, foi elaborado um desenho para planejamento do leiaute do supermercado, conforme mostra a Figura 25, na sequência.

Figura 25 – Leiaute do supermercado *kanban*.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Cada quadrado constante na Figura 25 acima representa um palete de um determinado mineral do sistema *kanban*. Em geral, a movimentação de cada matéria prima é feita em paletes, com o uso de empilhadeiras, com exceção do material de menor volume que é movimentado em sacos, com o uso de paleteiras. Conforme se pôde observar na Tabela 9, são apenas cinco os itens movimentados por meio de sacos, tendo sido, portanto, dispostos em uma só rua, acondicionados conjuntamente, divididos em apenas dois paletes. O material é retirado e levado ao galpão de produção para consumo no sistema produtivo.

Na parte superior da figura, os códigos R1, R2, até o R22 significam as ruas do almoxarifado. Com exceção daquela de número 21, em cada rua há apenas um item armazenado, de modo a evitar que um item fique à frente do outro e, assim, se tenha que utilizar a empilhadeira para movimentar um palete de um determinado material, a fim de se retirar a matéria prima desejada.

A área de 3m de largura na parte de baixo da Figura 25 corresponde à área de tráfego da empilhadeira, ou seja, a área de acesso para retirada de material. A área de tráfego é comum entre o supermercado *kanban* e a expedição de produto acabado, que possui alguns de seus itens armazenados no restante da área do galpão.

4.4.4.2.7 Configuração do cartão *kanban*

O cartão *kanban* foi configurado de modo a conter as seguintes informações:

- a) código do item: (código do item no sistema *ERP*);
- b) nome do item: (descrição do item);
- c) tipo de contenedor: (palete ou saco);
- d) capacidade do contenedor: (em quilos).

A Figura 26 exhibe exemplares dos cartões usados na implementação do sistema.

Figura 26 – Cartões *kanban*.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Conhecida a quantidade de cartões para cada matéria prima segundo os cálculos realizados no item 3, dimensionamento do número de cartões, foi realizado o cálculo para divisão dessa quantidade conforme a urgência da necessidade de abastecimento. O sistema utiliza cartões em três tipos de cores diferentes para a gestão da prioridade do processo de transferência de matéria prima. Os cartões foram confeccionados nas cores verde, amarelo e vermelho, conforme o princípio exibido no Quadro 11:

Quadro 11 – Classificação das prioridades no sistema kanban.

Cor do cartão	Grau de urgência
Verde	Condições normais de operação
Amarelo	Atenção
Vermelho	Urgência

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

O cálculo da divisão entre as cores acima foi realizado segundo a seguinte lógica:

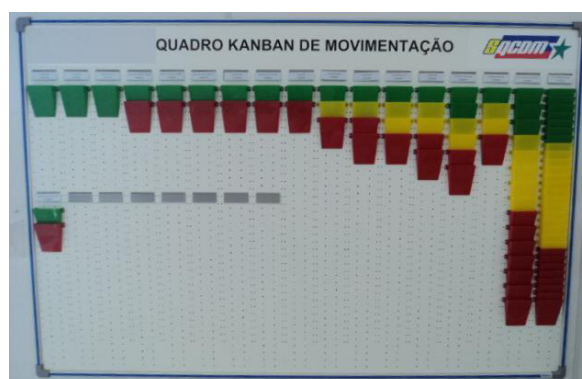
- a) vermelho: quantidade necessária para pelo menos uma ordem de produção;
- b) amarelo: quantidade necessária para doze horas de produção;
- c) verde: quantidade restante dos cartões.

As quantidades determinadas para cada cor foram adotadas também nos escaninhos, ou suporte para cartões, na confecção do quadro *kanban*, como se pode notar no tópico seguinte.

4.4.4.2.8 Configuração do quadro *kanban*

Logo após a configuração do cartão *kanban*, foi configurado o quadro *kanban* de movimentação, segundo a quantidade de itens identificados. Segue abaixo a Figura 27, que revela a imagem do quadro *kanban* utilizado no sistema implementado.

Figura 27 – Quadro *kanban*.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

O quadro *kanban* adotado e exibido na Figura 27, acima, está configurado com 18 tipos de minerais, ou seja, 18 matérias primas diferentes. Cada coluna corresponde a um item, logo, há 18 colunas no quadro. Cada coluna tem uma quantidade determinada de escaninhos, ou suporte para cartões. Em cada escaninho é acomodado apenas um cartão, logo a quantidade de escaninhos é a mesma do número de cartões calculados anteriormente.

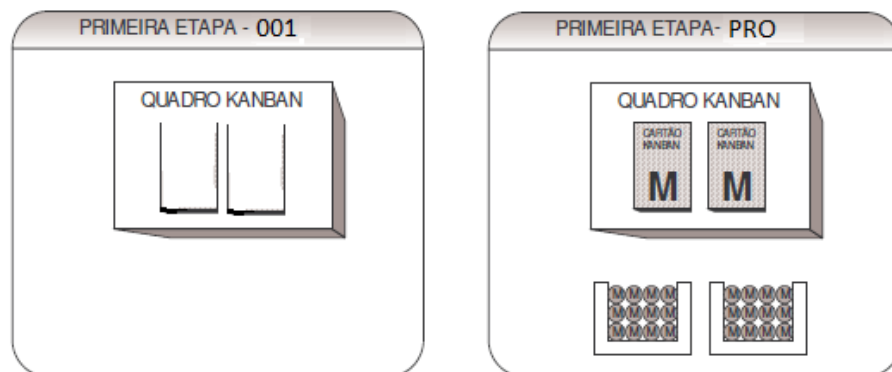
O sistema implementado trata-se de um *kanban* de movimentação, que fará a comunicação e a gestão de um processo entre dois setores distantes um do outro. Daí optou-se por adotar o uso de dois quadros no sistema *kanban*. A seguir é exibido o funcionamento do sistema com os dois quadros.

4.4.4.2.9 Modelagem do fluxo do sistema *kanban*

O sistema *kanban* de movimentação implementado utiliza apenas um tipo de cartão. Em virtude da distância entre o setor de abastecimento, almoxarifado de matéria prima, e o de consumo, almoxarifado de material em processo, o sistema utiliza dois quadros *kanban*. Um dos quadros foi instalado junto ao supermercado *kanban*, tendo sido o segundo colocado no almoxarifado de armazenagem de matéria prima. O sistema apresenta quatro etapas em seu fluxo de funcionamento, como se observa abaixo:

- a) 1ª etapa: Inicialmente o almoxarifado em processo (Alm PRO) está com estoque cheio, logo seu quadro está completo, ou seja, cheio de cartões. Conseqüentemente, o almoxarifado de matéria prima (Alm 001) não precisa movimentar nenhum item, logo seu quadro está vazio. A Figura 28 representa a 1ª etapa, conforme se observa;

Figura 28 – Primeira etapa do fluxo do sistema *kanban*.

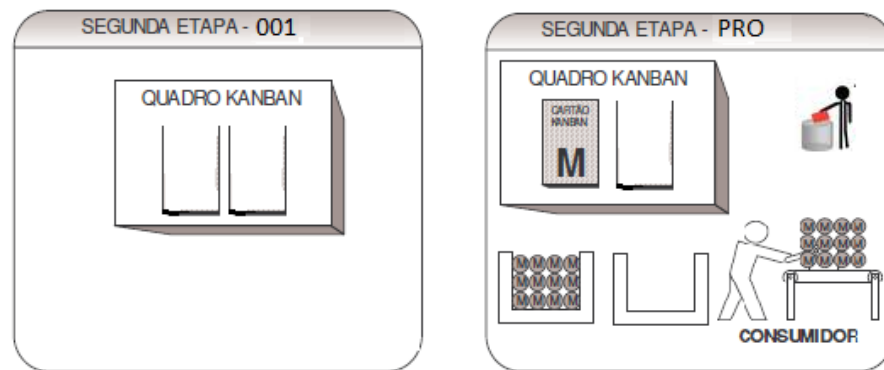


Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007).

- b) 2ª etapa: O operador do almoxarifado em processo, ao precisar do item, retira o cartão de movimentação do quadro do supermercado e o coloca em uma urna

que fica fixa ao lado do quadro *kanban*, sinalizando o consumo da matéria prima. Logo em seguida, o operador do almoxarifado em processo, retira a matéria prima desejada, correspondente ao cartão retirado. A Figura 29 representa a 2ª etapa, conforme se observa;

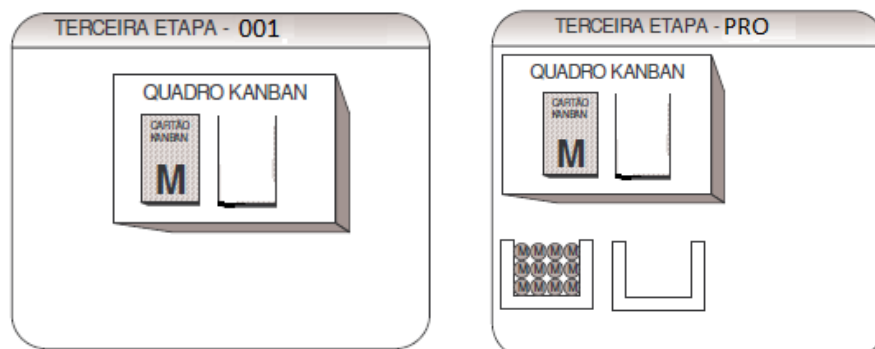
Figura 29 – Segunda etapa do fluxo do sistema *kanban*.



Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007).

- c) 3ª etapa: Em horários pré-determinados o auxiliar administrativo do almoxarifado de material em processo coleta os cartões da urna *kanban* e realiza as requisições no sistema de requisições de matéria prima. Passados 20 minutos, um operador pré-definido do almoxarifado de matéria prima, denominado transportador, faz a coleta dos cartões junto ao auxiliar administrativo do almoxarifado de material em processo. Daí então, o transportador retorna ao seu almoxarifado e insere os cartões coletados no quadro *kanban* que existe no local. A Figura 30 apresenta a terceira etapa;

Figura 30 – Terceira etapa do fluxo do sistema *kanban*.

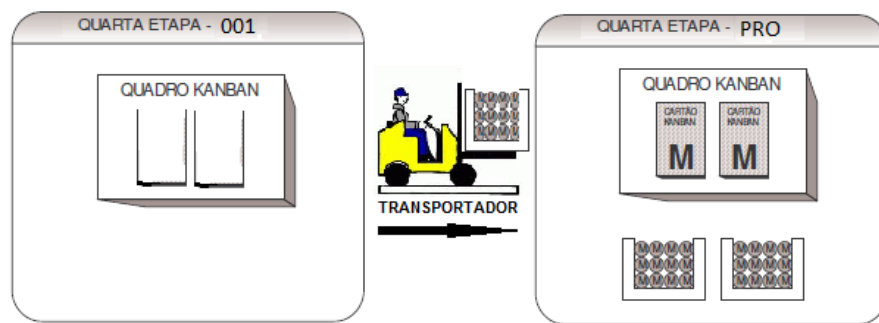


Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007).

- d) 4ª etapa: A partir daí, o transportador está autorizado a fazer a transferência da matéria prima. Cada cartão inserido no quadro *kanban* do almoxarifado de

matéria prima é tomado como uma requisição de material. O transportador coleta então o cartão de movimentação do quadro e o transporta juntamente com o palete do respectivo material para o supermercado. Ao chegar no supermercado *kanban*, ele insere o cartão no quadro *kanban* e abastece o supermercado com o palete cheio da respectiva matéria prima. Desta forma, o ciclo é completado e a situação volta a ser idêntica à da 1ª etapa. A Figura 31 representa a 4ª etapa, conforme se pode observar.

Figura 31 – Quarta etapa do fluxo do sistema *kanban*.

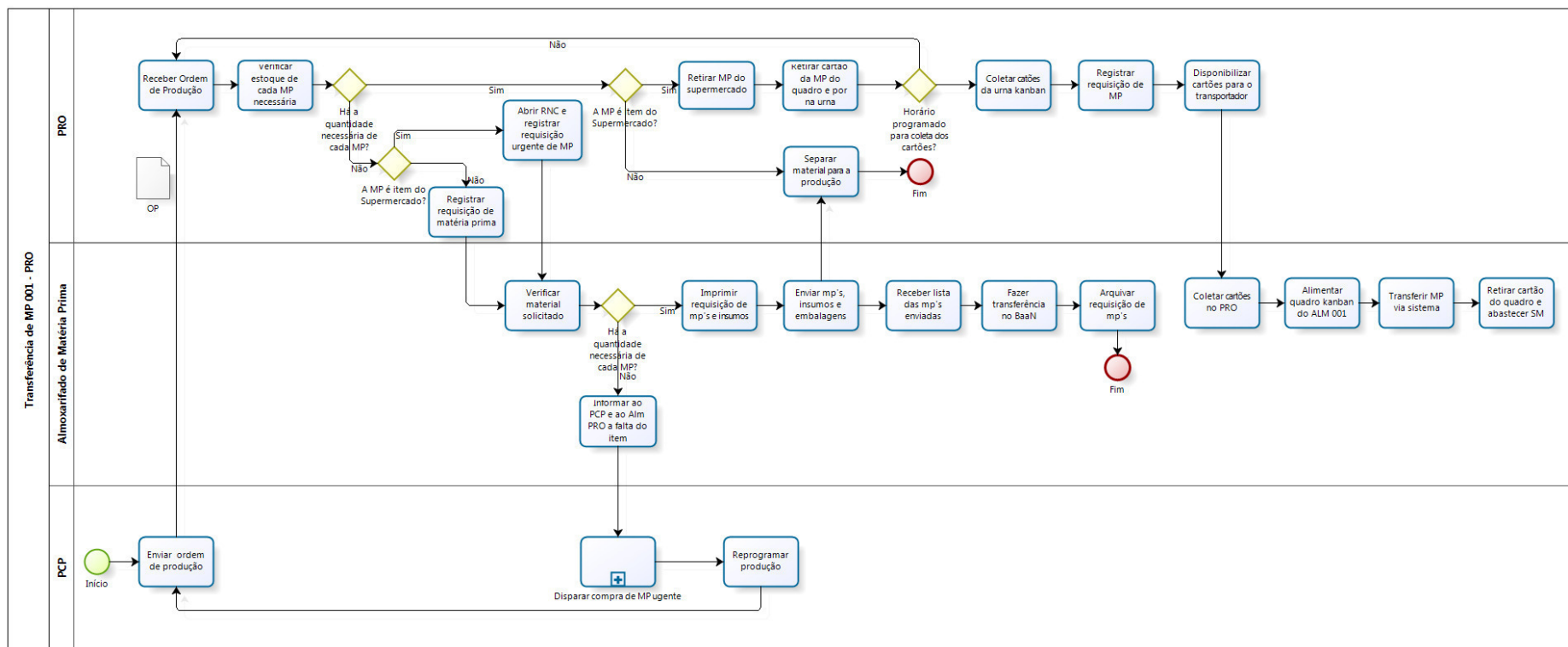


Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007).

4.4.4.2.10 Definição do novo processo de movimentação de matéria prima

Dando sequência às melhorias implementadas via sistema *kanban*, foi elaborado o novo fluxo referente ao processo de transferência de matéria prima. A Figura 32 revela o resultado do fluxograma desenhado. A partir daí, a implementação pôde ser iniciada, aplicando-se as etapas apresentadas na sequência.

Figura 32 – Novo mapa do processo.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

4.4.4.2.11 Treinamento da equipe de operação

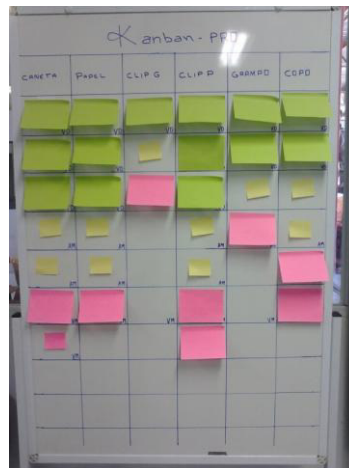
O treinamento da equipe e demais *stakeholders* do processo foi dividido em duas etapas. Inicialmente foi realizado um treinamento teórico, que reuniu todos os envolvidos no processo em uma sala para conhecimento do sistema *kanban*. Esse treinamento foi realizado logo no início da fase de melhoria, onde se concluiu que seria utilizada a ferramenta *kanban* de movimentação. Em um segundo momento, quando todos os recursos estavam disponíveis para o início da execução do *kanban* de movimentação, foi realizado um treinamento prático com todos os *stakeholders* a fim de familiarizá-los com o novo sistema.

O treinamento teórico foi realizado em dois momentos. Primeiramente, uma apresentação de slides com o conteúdo teórico do assunto, e os motivos que levavam a aplicação do sistema no processo logístico. Finalizada essa etapa com todos os participantes, foi realizada uma simulação do sistema futuro, por meio de itens de consumo administrativo.

A simulação foi realizada utilizando-se: dois quadros brancos em modelo *flip chart*; *post-its* nas cores verde, amarelo, e vermelho; além de pequenas quantidades de material para escritório como caneta, papel, clipe, grampo, além de copo descartável, simulando os estoques dos almoxarifados.

Durante o treinamento foi apresentado o fluxo real que seria adotado quando na execução do *kanban* na prática, e simulado a partir da suposição do recebimento de ordens de produção que consumiriam o material do suposto estoque. Cada colaborador realizou as diversas etapas do processo, independentemente de sua função no processo prático, a fim de se obter um entendimento global do novo processo de transferência a partir o *kanban*. A Figura 33 a seguir mostra uma imagem do quadro e cartões simulados no treinamento.

Figura 33 – Simulação de um quadro *kanban* de movimentação.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Figura 34 – Colaborador em treinamento operando o sistema *kanban* simulado.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Em um segundo momento foi realizado o treinamento prático do sistema *kanban*, já com os recursos reais que comporiam o sistema. Esse treinamento foi realizado sem simulações, operando de fato os recursos do sistema como empilhadeira, palete com matéria prima, quadros e cartões oficiais do processo. Todo o fluxo do sistema foi realizado envolvendo todos os operadores, supervisores e demais envolvidos no processo.

4.4.4.2.12 Projeto piloto

Finalizado todo o planejamento e treinamento previstos no projeto, deu-se início a implementação do sistema *kanban* de movimentação na logística de apoio à produção da empresa. O primeiro mês de implementação foi encarado como projeto piloto, e espera-se que com o sucesso do novo sistema, este seja expandido às principais embalagens consumidas no processo produtivo. Naturalmente, essa expansão irá exigir um aumento da área disponível para configuração do supermercado *kanban*.

4.4.4.2.13 Ajustes finais e continuidade do sistema *kanban*

Na medida em que o projeto piloto foi se executando alguns ajustes foram sendo realizados, tais como a identificação das ruas com os nomes dos itens armazenados, alterações nos horários estabelecidos para as requisições de materiais. Vale ressaltar que ainda na fase de implementação do projeto piloto, já era possível perceber que o projeto alcançava seus objetivos, reduzindo movimentação de matéria prima, adequando o estoque em processo e liberando espaço para a produção de tintas líquidas no galpão de produção.

Uma segunda ação que merece destaque, pensada no plano de ação, é a programação das requisições em horários pré-determinados. Foram determinados três momentos para requisições de matéria prima no turno A e dois horários no turno B. Essa ação foi de grande importância para a melhoria do processo, pois controlou a quantidade de

requisições realizadas, e permitiu ao almoxarifado de abastecimento de matéria prima organizar-se em relação a suas demais atividades, recebimento e armazenagem de matéria prima, além, obviamente, da entrega de material ao almoxarifado de material em processo. Sobretudo, a programação das requisições de matéria prima influenciou na redução da variabilidade do processo de transferência de matéria prima.

4.4.4.3 Validação das melhorias

O modelo proposto, e base da implementação das melhorias apresentadas, prevê que sejam mensuradas as melhorias obtidas com a aplicação do método. Contudo, o projeto encontra-se ainda em fase piloto, com tempo de execução inferior a um mês de duração. Desse modo, até a data de entrega deste trabalho, não foi possível coletar dados confiáveis, que representem de fato o processo em seu funcionamento normal, para mensuração das melhorias obtidas. Apesar disso, melhorias subjetivas, dificilmente expressas utilizando-se números, são facilmente perceptíveis no novo processo. Essas melhorias serão apresentadas e discutidas no capítulo seguinte.

4.4.5 Fase controlar

Para controle e monitoramento do processo foi determinado que seriam utilizados gráficos de controle para o indicador Y^1 e gráficos de série temporal para o segundo indicador (Y^2) previsto no contrato do projeto. Vale salientar que os passos seguintes tiveram seus dados coletados em meses anteriores à intervenção de melhoria no processo, haja vista que o projeto está em fase piloto e que dados pós-melhoria ainda não puderam ser coletados. Assim, os gráficos (8), (9) e (10) revelam a situação do processo antes deste trabalho ser iniciado.

4.4.5.1 Controle por gráfico de controle

Inicialmente foi trabalhado o controle do Y^1 , movimentação diária de matéria prima por produção diária. Para tanto, foram determinados os limites de controle do projeto, conforme revela a Tabela 10, a partir dos dados de janeiro de 2012, disponíveis na Tabela 2. Foram utilizados os gráficos de controle para medidas individuais e amplitude móvel, em função da forma de medição do indicador e da disponibilidade dos dados.

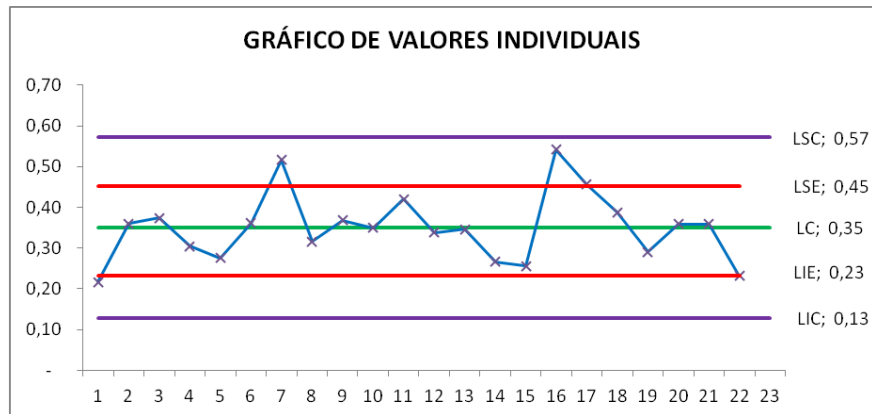
Tabela 10 – Limites dos gráficos de controle do processo analisado.

Gráfico de Valores Individuais		Gráfico de Amplitude Móvel		Especificação	
Limite Superior:	0,57	Limite Superior:	0,27	Limite Superior:	0,45
Linha de centro	0,35	Linha de centro	0,08	Linha de centro	0,34
Limite Inferior:	0,13	Limite Inferior:	-	Limite Inferior:	0,23

Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Conhecidos os limites de controle do projeto foi possível elaborar os gráficos de controle. O Gráfico 8 exibe o gráfico de controle de para os valores individuais de Y^1 .

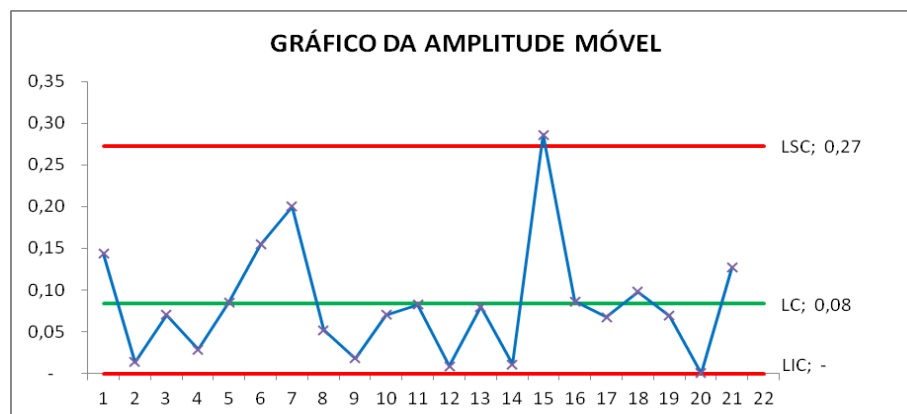
Gráfico 8 - Gráfico de controle para medidas individuais.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

Conforme se observa no Gráfico 8, não há evidências de que o processo estivesse fora de controle em janeiro de 2012. Contudo, o processo apresenta vários pontos fora da especificação determinada na seção 4.4.2.6. O Gráfico 9 mostra o gráfico de controle para a amplitude móvel. A partir de sua análise pode-se observar o comportamento do processo quanto a sua a variabilidade.

Gráfico 9 - Gráfico de controle para amplitude móvel.



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

A fim de analisar a relação entre a especificação determinada e a variabilidade do processo, foram calculados os índices C_p e C_{pk} , a partir do desvio padrão, S , estimado pela amostra do mês de janeiro de 2012. Desse modo, obtiveram-se os valores de 0,44 e 0,41, respectivamente, para C_p e C_{pk} , aplicando-se as Fórmulas (9) e (10) aos dados das Tabelas 2 e 10, apresentadas neste capítulo.

Segundo McCarty (2004), pode-se classificar o processo como de baixa capacidade, devido ao valor de C_p ser inferior a 1,0, como revelado no Quadro 4. Além disso, como C_{pk} é menor que C_p , pode-se afirmar que o processo está descentrado em relação ao ponto médio das especificações, segundo afirma Montgomery (2009).

No entanto Montgomery (2009), atenta para o cuidado que se deve ter com a interpretação dos índices de capacidade. Esse autor salienta que esses índices são apenas uma estimativa da razão da capacidade do processo, e que, naturalmente, está sujeita a erros de estimação, pois depende das estatísticas amostrais. Deve-se considerar pertinente a afirmação de Montgomery, haja vista que o processo analisado não apresenta nenhum histórico de controle pela empresa, estando em maturação as afirmações levantadas quanto à medição e análise do processo.

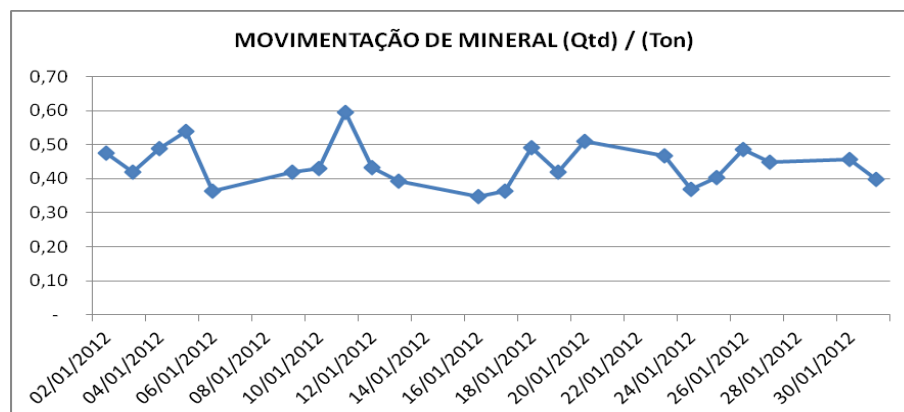
Além disso, as especificações determinadas bem como suas tolerâncias tratam-se de uma tentativa de se obterem referências para o controle do projeto. Isso porque, a movimentação entre os almoxarifados era realizada de maneira totalmente informal, não havendo preocupação com o máximo ou o mínimo de viagens realizadas no trajeto entre eles.

Sobretudo, acredita-se que apesar da baixa capacidade apresentada pelo processo, referente à amostragem de janeiro deste ano, consiga-se a partir das ações de melhoria tomadas, que o processo apresente considerável melhora e que passe a se tornar capaz.

4.4.5.2 Controle por gráfico de tendência

Determinou-se a utilização de um gráfico de tendência para controle do processo através do segundo indicador. O gráfico fará o monitoramento do processo a partir dos dados da quantidade de movimentações diárias de mineral, por toneladas diárias de mineral movimentado. O Gráfico 10, exemplifica o controle a ser adotado no processo utilizando Y^2 .

Gráfico 10 - Gráfico de tendência (Y^2).



Fonte: Elaborado pelo pesquisador.

4.4.5.3 Monitoramento via *kanban* e supermercado

Dada a boa receptividade da equipe de operação pelo novo método de trabalho e o sucesso que está se obtendo na implementação do sistema *kanban*, percebe-se que o próprio método *kanban* sincronizado ao sistema de supermercado funciona também como uma ferramenta de controle do processo.

Isso porque, a utilização de dois quadros *kanban* no sistema fornece ao transportador uma resposta quanto ao perfeito funcionamento do sistema. Isso acontece quando ele finaliza o abastecimento requisitado, dispondo todos os cartões de movimentação no quadro do supermercado. Nesse momento ele pode perceber que o quadro deve estar completo de cartões, ou seja, um para cada escaninho indicando o estoque abastecido como ele acabou de fazer. O fato de haver algum escaninho vazio neste momento significa para ele um alerta de que algo errado aconteceu e que ele deve sinalizar o problema ao seu supervisor.

Há ainda o supermercado como ferramenta de controle. Ele demarca as posições de cada palete previsto no leiaute apresentado no tópico 6 das melhorias aplicadas. Ao abastecer um determinado item do supermercado, o transportador deve notar que não pode haver demarcações vazias, ou seja, espaço pré-definido para paleta não abastecido. Caso isso ocorra, ele deve verificar qual o problema ocorrido e tentar resolvê-lo, caso não consiga, deve apontar o problema imediatamente ao seu supervisor.

4.4.5.4 Procedimento operacional padrão

Além dos indicadores criados para monitoramento, foi elaborado também o Procedimento Operacional Padrão (POP) do processo de transferência de matéria prima. O POP foi documentado a partir do novo fluxo do processo, desenhado na etapa 10 do processo de implementação do sistema *kanban*, apresentado anteriormente. O POP registrou e tornou disponível o passo a passo para operacionalização do novo processo, para todos os seus envolvidos. O procedimento elaborado não pôde ser aqui apresentado por mostrar no detalhe a função de cada operador e/ou supervisor no processo de abastecimento de matéria prima da organização.

5 CONCLUSÃO

O presente capítulo aborda as principais conclusões e resultados a que se chegou a partir da aplicação das ferramentas e métodos abordados no projeto de melhoria realizado na empresa estudada. O capítulo discute ainda a respeito de possíveis trabalhos futuros, complementares a este trabalho.

5.1 Resultados

Obter vantagem competitiva no mercado com lucratividade sustentável é hoje um objetivo comum às indústrias no acirrado contexto atual, de um mercado global. Daí a necessidade de se construir um sistema de movimentação de materiais que seja capaz de atender à produção com o volume, a velocidade e a flexibilidade exigidos, incorrendo no menor custo possível.

O presente trabalho cumpriu com seu objetivo geral ao apresentar um caso prático de integração entre as metodologias *Lean* e Seis Sigma aplicadas à Logística, de modo a se obter redução da movimentação de matéria prima no processo de abastecimento à produção. A análise estatística realizada, que culmina na implementação do sistema *kanban*, representa bem essa integração entre as metodologias no processo logístico.

Neste íntere, esta obra atingiu o primeiro de seus objetivos específicos ao descrever a integração entre *Lean* e Seis Sigma na Logística. Essa integração apresenta-se como uma metodologia capaz de provocar a resolução de problemas por meio de melhorias simples, reduzindo desperdícios e trazendo resultados para a empresa com lucratividade, e satisfação dos clientes e das partes interessadas.

Vale destacar que, atendendo ao segundo objetivo específico, o trabalho conseguiu apresentar, de forma sequencial, as etapas que levaram à obtenção dos resultados que aqui se discutem. As Figuras 8 e 9, apresentadas no terceiro capítulo, evidenciam essa afirmação. Este ponto é observado de maneira positiva, pois acredita-se que o trabalho foi capaz de deixar a abordagem da aplicação do projeto de melhoria, como um legado para trabalhos futuros. Ou seja, acredita-se que a partir deste trabalho, seja possível a reaplicação das etapas e métodos implementados no projeto analisado. Reunindo, dessa forma, as metodologias *Lean* e Seis Sigma na Logística, obtendo-se complementaridade entre elas, e melhorias reais no processo em estudo.

Outro ponto válido de destaque trata-se do êxito alcançado pelo trabalho ao apresentar de forma clara e direta a implementação do sistema *kanban* de movimentação na empresa analisada. Nesse ponto se atingiu o objetivo específico terceiro. O trabalho abordou,

ponto a ponto, o processo real ocorrido na aplicação desse sistema, desde seu dimensionamento a sua implantação no processo fabril. Ressalta-se ainda a grande repercussão obtida pelo projeto em todos os níveis da empresa. Tal fato levou ao conhecimento *in loco* do conselho diretivo do grupo empresarial, ao qual faz parte a organização estudada neste trabalho.

O método aplicado permitiu à logística de apoio à produção focar-se no atendimento à demanda do sistema produtivo, seu cliente final, oferecendo-lhe um fluxo de operação contínua. Essa característica de ter o cliente como centro dos esforços é bem típica do *Lean*, e daí o sucesso obtido pelo método implementado, que tem essa metodologia como uma de suas bases de fundamentação teórica.

O método concentrou-se também em controlar as causas de variação, mais uma característica herdada de suas bases fundamentais, dessa vez oriunda da metodologia Seis Sigma. Pôde-se comprovar por meio da aplicação do método, que controlando as entradas, ou seja, as causas de variação, podem-se controlar as saídas, e obterem-se assim resultados concretos e significativos. Apesar de não completamente mensurados os resultados obtidos, por conta de o projeto estar ainda em fase piloto, foi possível perceber que o controle das requisições de matéria prima, em volume e frequência, forneceu ao almoxarifado de material em processo um fluxo contínuo, a liberação de espaço no galpão de produção, bem como flexibilidade e velocidade.

Outro ponto a se destacar na implementação do modelo é que o projeto piloto foi de fundamental importância. Apesar de ainda em fase de execução, já é possível notar que ele tornou evidente que a solução gera resultados significativos para o negócio, e que sua ampliação deve ser incentivada. Sobretudo, o projeto piloto despertou, em especial nas diretorias geral e industrial, a necessidade de se aplicar a mesma solução para as embalagens, que representam a segunda maior movimentação de materiais no sistema logístico, e que ocupam um espaço físico no sistema de produção que pode ser melhor utilizado.

O projeto teve sua grande contribuição à empresa, ao reduzir significativamente os investimentos previstos para ampliação do sistema logístico de apoio à produção. Isso porque, o sistema de produção da empresa está sendo ampliado em 90% acima de sua atual capacidade de produção, em sua principal linha de produtos. O que levaria, dessa forma, a uma ampliação proporcional do sistema logístico, a fim de que esse conseguisse atender às necessidades oriundas do crescimento do setor produtivo.

Os resultados obtidos com a implementação do método proposto foram classificados e avaliados conforme os itens a seguir, atendendo-se, desse modo, ao quarto objetivo específico deste trabalho.

5.2 Ganhos quantitativos:

- a) redução dos estoques: o estoque do almoxarifado de material em processo foi reduzido de uma quantidade correspondente a um horizonte superior a 24 horas de produção, para um de apenas doze horas em média, refletindo uma economia aproximada de 50% do custo de estoque nesse almoxarifado;
- b) liberação de espaço físico: o espaço antes ocupado com matéria prima em processo dentro do galpão foi significativamente reduzido de uma área superior a 90m² para aproximadamente 30m². Dessa forma somente o material necessário à execução da próxima ordem de produção fica disposto dentro do galpão de produção. Além disso, foi liberada uma área superior a 300m² do lado de fora do galpão de produção, onde antes também se armazenava material em processo;
- c) redução de horas extras: apesar de ainda não mensuradas, as horas extras, antes consumidas com o abastecimento da produção após o final do expediente, serão consideravelmente reduzidas. Isso será possível, haja vista que o processo atual prevê um estoque mínimo para abastecimento à produção, de aproximadamente doze horas a partir do final de cada turno, com relação aos itens que compõem o supermercado *kanban*;
- d) economia na redução dos investimentos: antes seriam necessários investimentos expressivos para ampliação do sistema logístico de apoio à produção, de modo a atender o aumento da capacidade de produção influenciado pela demanda prevista para o ano vigente. Especificamente, foram economizados 27% em máquinas e equipamentos e 13% em mão de obra. O que significou uma redução de 16% no custo total referente a máquinas e equipamentos, e mão de obra em relação ao orçamento previsto para o ano atual na logística de apoio à produção.

5.3 Ganhos qualitativos:

- a) satisfação dos colaboradores;
- b) efetiva comunicação entre os almoxarifados;
- c) formalização e adequação do processo de abastecimento.

Deve-se destacar que um ganho intangível foi obtido com a satisfação dos que executam o processo na prática. Clientes e fornecedores do processo estão mais motivados e, dessa forma, mais responsáveis pelo processo em si, ao terem se apropriado de fato em conhecimento e prática do sistema *kanban* como um todo. A insatisfação antes ocorria para ambas as partes do processo, haja vista que, enquanto de um lado havia insatisfação pela demora na entrega do material, de outro a insatisfação se dava pelos frequentes pedidos urgentes e/ou fracionados.

O sistema *kanban* promoveu nivelamento, fluidez e controle para o processo, ao garantir o estoque mínimo necessário, a flexibilidade e a padronização das operações de cada participante. Onde antes havia um clima de competição por aferição de um estoque em detrimento do outro, atualmente há um clima de colaboração entre os almoxarifados, a fim de permitir ao sistema produtivo uma produção contínua.

5.4 Considerações finais

O método aplicado tem talvez sua maior competência não só pela resolução do problema inicial, mas pelo completo diagnóstico que forneceu sobre esse e suas causas. Pensar, em um determinado momento, que existia uma ligação lógica entre a quantidade de requisições de matéria prima e a quantidade de movimentações para abastecimento, não seria difícil. Porém, saber qual seria essa ligação, como ela ocorre, quanto ela impacta no desempenho do processo, quando e por que fazem do método aplicado uma ferramenta poderosa para se chegar a níveis de excelência no processo logístico, como se pode evidenciar a partir de sua aplicação.

Pode-se concluir ainda que não só com investimentos financeiros expressivos são resolvidos os problemas. Nota-se que a solução teve um custo irrisório frente ao que se teria com a contratação de mais maquinário e mão de obra para o atendimento ao crescimento da demanda prevista, que inclusive fomentou a ampliação da capacidade produtiva em 91%.

Investimentos são necessários, porém deve-se atentar para ações simples, muitas vezes de baixo custo, mas que por fim podem determinar o sucesso ou não dos esforços realizados. Entre essas atividades estão treinamento e suporte para uma mudança de padrões, da cultura antes vivida pelos que fazem a operação, que naturalmente tenderiam a querer permanecer operando segundo seus costumes anteriores.

Sugere-se que trabalhos futuros sejam realizados, de modo a coletar e analisar os dados pós-implantação das melhorias implementadas. Isso porque, este trabalho teve de ser concluído para entrega antes de se obterem dados confiáveis do novo processo. Tal fato

impossibilitou a comprovação estatística das melhorias realizadas, o que significa que trabalhos futuros podem dar continuidade à mensuração dos resultados do projeto implementado.

Como não havia histórico de controle no processo analisado, os limites de controle e de especificação determinados tornam-se de fato experimentais. Assim, espera-se que trabalhos futuros revisem e validem esses limites. Inclusive, novas intervenções no processo podem e devem ser realizadas, caso haja necessidade de alterações do processo na prática.

Por fim, conclui-se que o trabalho obteve sucesso na integração das três metodologias, pois conseguiu unir a precisão estatística do Seis Sigma, com a objetividade e a simplicidade do *Lean* na solução de problemas, com as necessidades e os princípios da Logística. O resultado do trabalho pode ser percebido ao se notar que foi criado um sistema enxuto, com variação controlada, focado em um fluxo contínuo, rápido e flexível.

REFERÊNCIAS

BOLLES, Dennis; FAHRENKROG, Steve. **Um guia do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos**. *PMI - Project Management Institute, Four Campus Boulevard, Newtown Square, Pennsylvania*. 3° Ed. 2004.

BOWERSOX, Donald; CLOSS, David. **Logística empresarial: o processo de integração da cadeia de suprimentos**. São Paulo: Atlas, 2010.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA Carlos A. **Administração de produção e operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 2° Ed. São Paulo: Atlas, 2006.

GOLDSBY, Thomas; MARTICHENKO, Robert. **Lean six sigma logistics: strategic development to operational success**. J. Ross Publishing, Inc. 2005.

Lean Institute Brasil. Disponível em: <http://www.lean.org.br> Acesso em maio de 2012.

LIKER, J.K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Bookman, Porto Alegre, RS, 2005.

MCCARTY, Thomas; BREMER, Michael; DANIELS, Lorraine; GUPTA, Praveen. **The six sigma black belt handbook**. Motorola University, 2004.

MONTGOMERY, Douglas. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. Rio de Janeiro 4° Ed. 2009.

MOURA, Reinaldo. **Kanban, a simplicidade do controle de produção**. São Paulo: Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, IMAM. 2° Ed. 1992.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PEIXOTO, Alberto. **Redução do tempo de ciclo do pedido: uma aplicação lean six sigma na logística**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas, Campinas 2008.

PEZEIRO, Alberto; SACOMAN, Fábio; FRANCATO, Márcio. **Apostila do treinamento lean six sigma green belt**. Seta Desenvolvimento Gerencial. São Paulo: 2010.

PYZDEK, Thomas; KELLER, Paul. **The Six Sigma Handbook – A complete guide for green belts, black belts and managers at all levels**. 3° ed. *The McGraw-Hill Companies*: 2010.

STEFANELLI, Paola. **Modelo de programação da produção nivelada para produção enxuta em ambiente ETO com alta variedade de produtos e alta variação de tempos de ciclo**. São Carlos 2010. Dissertação de mestrado em Engenharia de Produção.

TUBINO, Dalvio. **Planejamento e controle da produção: teoria e prática**. 2° Ed. São Paulo: Atlas 2009.

ULIANA, Paulo. **Estudo de aplicação de um programa de melhoria em uma empresa de cosméticos visando a integração de ferramentas e filosofias de melhoria de produção.** Trabalho de Conclusão de Curso na EES, SP 2007.

RITZMAN, Larry P.; KRAJEWSKI Lee J. **Administração de produção e operações.** São Paulo: Pearson Prentice hall, 2004.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 3º ed. – Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 2001.

WOMACK, Jim. *From lean tools to lean management.* Lean Enterprise Institute, 2006.
Disponível em:

<http://www.lean.org/womack/ColumnArchive.cfm?y=2006&ey=2007#Col747> Acesso em abril/2012.