

FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
CENTRO UNIVERSITÁRIO EURÍPIDES DE MARÍLIA – UNIVEM
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

EDILSON EVANGELISTA DOS SANTOS FILHO

**INTEGRAÇÃO DE LEAN SIX SIGMA PARA MELHORA DA
PERFORMANCE INDUSTRIAL: APLICAÇÃO DE SMED REDUÇÃO
DE TEMPO DE TROCA DE FORMATO.**

MARILIA

2016

EDILSON EVANGELISTA DOS SANTOS FILHO

INTEGRAÇÃO DE LEAN SIX SIGMA PARA MELHORA DA PERFORMANCE
INDUSTRIAL: APLICAÇÃO DE SMED PARA REDUÇÃO DE TEMPO DE TROCA DE
FORMATO.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Produção da Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador:

Prof. Dani Marcelo Nonato Marques

MARILIA

2016

Filho, Edilson Evangelista dos Santos

Integração Lean Six Sigma para Melhoria da Performance Industrial: Aplicação de SMED para Redução do Tempo de Troca de Formato / Edilson Evangelista dos Santos Filho; orientador: Dani Marcelo Nonato Marques. Marília, SP: [s.n.], 2016.

69 f.

Trabalho de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Curso de Engenharia de Produção, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília –UNIVEM, Marília, 2015.

1. Lean Manufacturing 2. Six Sigma 3. SMED

CDD: 658.562



FUNDAÇÃO DE ENSINO "EURÍPIDES SOARES DA ROCHA"
Mantenedora do Centro Universitário Eurípidos de Marília - UNIVEM
Curso de Engenharia de Produção.

Edilson Evangelista dos Santos Filho - 47369-3

TÍTULO "Integração de Lean SIX Sigma para Melhora da Performance Industrial: Aplicação de SMED Redução de Tempo de Troca de Formato. "

Banca examinadora do Trabalho de Curso apresentada ao Programa de Graduação em Engenharia de Produção da UNIVEM, F.E.E.S.R, para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Nota: 10,0

ORIENTADOR: 
Dani Marcelo Nonato Marques

1º EXAMINADOR: 
Danilo Correa Silva

2º EXAMINADOR: 
Bruno Marques dos Santos

Marília, 30 de novembro de 2016

À Deus, pelo esplendor da vida, presente em todas as atividades;

Aos amigos conquistados durante a jornada;

À minha família, que sempre me apoiou, e em especial a minha mãe Nilda da Silva, que me apoiou, me ajudou, e em todos os momentos que eu precisei ela esteve presente.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade da vida.

Agradeço a minha família por me motivar em todas as decisões difíceis de minha vida, estando sempre presente.

Aos meus amigos que me ajudaram a evoluir, e fizeram da jornada a maior recompensa.

“A jornada é a recompensa”.

Steve Jobs.

FILHO, Edilson Evangelista dos Santos. **Integração de Lean Six Sigma para Melhora da Performance Industrial: Aplicação de Smed Redução de Tempo de Troca de Formato.** 2016. 57 f. Trabalho de Curso. (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2016.

RESUMO

A busca por melhor eficiência e redução de custos de produção está presente nas rotinas das fábricas, para isso, é necessária eliminação dos desperdícios e variação nos processos produtivos, para ganhar com isso satisfação do consumidor e entregar vantagem competitiva. *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* vão de encontro a essas necessidades por serem programas de trabalho que buscam a excelência operacional. *Lean Manufacturing* originou-se a partir do Sistema Toyota de produção, que foi criado no Japão, tendo como objetivo a eliminação dos desperdícios. Já o *Six Sigma* que foi criado na Motorola tem o objetivo de aumentar o nível de qualidade pela diminuição da variação nos processos produtivos e redução dos índices de defeitos. A integração de *Lean Manufacturing* e *Six Sigma* trouxe um método de trabalho robusto, unindo os pontos fortes das duas ferramentas, a eliminação de desperdícios de *Lean* e eliminação de variação nos processos de *Six Sigma*. Esse trabalho irá mostrar a implantação de SMED, utilizando a abordagem *Lean Six Sigma*, que foi estruturado e aplicado a uma indústria alimentícia de grande porte, buscando a redução de tempo de troca de formato e com isso possibilitar a implementação de outras ferramentas visando a criação de um sistema puxado eficiente que garanta o atendimento às necessidades do consumidor, com alto padrão de excelência de qualidade.

Palavras-Chave: *Lean Manufacturing. Six Sigma. Lean Six Sigma. SMED*

FILHO, Edilson Evangelista dos Santos. **Lean Six Sigma Integration to Improve Industrial Performance: SMED Application to Reduce Setup Time.**2016. 57 f. Trabalho de Curso. (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2016.

ABSTRACT

The aim for better efficiency levels and costs reductions is present in factory's routines, to do so, is necessary eliminate wastes and deviation in the productive process, to improve customers satisfactions and deliver competitive advantage. Lean Manufacturing and Six Sigma aims to deliver these two needs, being methodologies that seeks Continuous Excellence. Lean Manufacturing originated from the Toyota Production System, which was created in Japan, to reduce or eliminate waste in productive process. The Six Sigma was developed in Motorola and aims to improve quality levels by reducing defects and process deviation. The Lean Manufacturing and Six Sigma integration, brought a robust working method, combining the strengths of two methodologies, the waste elimination and the process deviation elimination. This monography aims to show the SMED implementation, using a Lean Six Sigma approach, that was applied in a large Food Industry, with the objective of setup time reduction to enable the implementation of other pull systems tools, to assure customer satisfaction and high level of quality excellence.

Keywords: Lean Manufacturing. Six Sigma. Lean Six Sigma. SMED

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Composição das atividades de um fluxo de valor.....	21
Figura 2 - Categoria de Perdas	23
Figura 3 - Mapa do Fluxo de Valor de um Estado Atual	24
Figura 4 - Gráfico de distribuição de probabilidade da função normal.....	27
Figura 5: contribuição de Lean Manufacturing e Six Sigma.....	32
Figura 6: Eesquema das 4 fases da metodologia SMED	34
Figura 7: Evolução de eficiência troca de 14S para 7S.	40
Figura 8: Evolução de eficiência troca de formato 7S para 14S.	41
Figura 9: Arvore de Perdas retorno de troca de formato.	42
Figura 10: Time responsável pela implementação.	43
Figura 11 - Sequência de Troca de Formato.....	46
Figura 12: Separação das Atividades Pré Setup	47
Figura 13: Otimização do Comissionamento da GW	48
Figura 14 - Proposta de Centerline da mesa do conjunto celofane e fitilho.....	50
Figura 15 - Proposta de Centerline Elevador de carteira.....	50
Figura 16 - Centerline Conjunto magazine de Carteiras	51
Figura 17: Proposta de Troca de Formato	52
Figura 18: Exemplo de Padronização das Peças	53
Figura 19: Exemplo de Padrão de Ajuste	53
Figura 20: Quadro para gestão do Projeto	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Princípios Lean com enfoques na produção e no consumidor	19
Tabela 2: Estágios Conceituais.....	35
Tabela 3: Relação passos e estágios de SMED	39
Tabela 4: Cronograma de realização SMED	43
Tabela 5: Tempo de Atividade Interna Manutentor 1	45
Tabela 6: Tempo de Atividade Interna Manutentor 2	45
Tabela 7 - Procedimento Manutentor 1	54
Tabela 8 - Procedimento Manutentor 2	56
Tabela 9: Procedimento Operador WKM.....	57
Tabela 10: Procedimento Operador PRB	58

LISTA DE SIGLAS

ACR – Análise de Causa Raiz

AQ - Análise de Quebra

API – *Activity Performance Indicator*

AV – Agrega Valor

BB – *Black Belt*

CEO – *Chief Executive Officer*

CL – *Centerline*

DMADV – *Define Measure Analyze Design Verify* (Definir, Medir, Analisar, Desenvolver e Verificar)

DMAIC – *Define, Measure, Analyze, Implement, and Control* (Definir, Medir, Analisar Implementar e Controlar)

FMEA – *Failure Modes and Effects Analysis*

GB – *Green Belt*

JIT – *Just In Time*

KPI – *Key performance Indicator* (indicadores chave de performance)

L6S – Lean Seis Sigma

LUP – Lição de Um Ponto

MBB – *Master Black Belt*

NAV – Não Agrega Valor

PDCA – *Plan Do Check Act*

SMED – *Single Minute Exchange of Die* (Troca de ferramenta em um dígito de minuto)

STP – Sistema Toyota de Produção

TPM – *Total Performance Management*

TRF – Troca Rápida de Ferramenta

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT.....	9
LISTA DE FIGURAS	10
LISTA DE TABELAS	11
1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 Delimitação do Tema.....	15
1.2 Objetivo	15
1.3 Objetivos Específicos	16
1.4 Justificativa.....	16
1.5 Metodologia.....	16
2 REVISÃO TEÓRICA	18
2.1 LEAN MANUFACTURING	18
2.1.1 Historico de Lean Manufacturing.....	18
2.1.2 Conceitos Chave de Lean Manufacturing	19
2.1.2.1 Atividades que Agregam Valor (AV) e que Não Agregam Valor (NVA)	19
2.1.2.2 Os Cinco Principios de Lean Manufacturing	21
2.1.2.3 Os Sete Desperdícios	22
2.1.2.4 Mapeamento do Fluxo de Valor	24
2.2 SIX SIGMA.....	26
2.2.1 Histórico do Six Sigma.....	26
2.2.2 O Método DMAIC	28
2.2.3 Método de Implantação	29
2.2.3.1 O Sponsor	29
2.2.3.2 O Champion.....	30
2.2.3.3 Master Black Belt	30
2.2.3.4 Black Belts.....	31
2.2.3.5 Green Belts	31
2.3 LEAN SIX SIGMA	31

2.3.1 Integração Lean Six Sigma.....	31
2.4 SMED	33
2.4.1 Histórico do SMED	33
2.4.2 Técnicas de Setup.....	34
3. ESTUDO DE CASO	37
3.1 Caracterização da Empresa.....	37
3.2 Relato do Caso.....	38
3.2.1 Preparação	39
3.2.2 Passo 1 – Documentar a realidade (registrar setup)	44
3.2.3 Passo 2 - Separar atividades externas e internas.....	47
3.2.3 Passo 3 – Converter atividades internas em externas	48
3.2.5 Passo 4 – Simplificar atividades externas e Internas	49
3.2.6 Passo 5 – Padronizar novo método.....	52
3.2.7 Passo 6 – Planos futuros.	59
3.2.7.1 Instalação de Quadro de Gestão visual para evolução do tempo de troca.....	59
3.2.7.2 Controle dos Indicadores	60
4 VERIFICAÇÃO DE GANHOS	61
4.1 Ganhos Potenciais	61
4.2 Resultados Positivos.....	61
4.3 Aspectos Negativos	63
5 CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

Ao se deparar com um cenário extremamente competitivo onde a concorrência por mercado está cada dia mais acirrada e recursos mais escassos a organização precisa adaptar-se a esse ambiente e oferecer soluções que possam otimizar seus processos diminuindo desperdícios e aumentando sua produtividade.

Nesse ambiente extremamente dinâmico que demanda mudança cada vez mais frequentes é que estão inseridas as organizações, as estratégias de gestão e excelência operacional devem ser constantemente aprimoradas de forma a facilitar a adaptação à constante mudança de cenário e também a trabalhar de forma diferenciada entregando melhoras significativas de eficiência e de maneira sustentável.

A atividade a ser desenvolvida nesse trabalho, é a implantação de melhorias para a realização de trocas de formato em uma linha de produção, cuja demanda é maior que a capacidade produtiva, utilizando os princípios da ferramenta SMED sob uma abordagem *Lean Six Sigma*, citando os quatro estágios de SMED definidor por Shingo e apresentando uma proposta de padronização das atividades a serem realizadas na troca de formato.

A implantação de SMED na linha de produção definida, tem uma importância estratégica para a organização por trazer ganhos de produtividade direto devido ao aumento do volume de produção e disponibilidade de venda direta.

1.1 Delimitação do Tema

Analisar a aplicação de SMED como uma ferramenta de melhoria contínua, que proporcione a eliminação de desperdícios do processo produtivo, utilizando os estágios definidos por Shingo, melhorando a eficiência da linha de fabricação.

1.2 Objetivo

O objetivo desse trabalho é reduzir o tempo de troca de formato de uma linha de produção de gomas sem açúcar.

1.3 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho consistem em:

- Identificação de oportunidade redução de 70% do tempo programado para troca de formato de uma linha de produção;
- Identificar desperdícios relacionados a atividade de troca de formato;
- Promover transferência de conhecimento técnico para operação;
- Padronizar atividades de troca dos operadores e manutentores;

1.4 Justificativa

A escolha da ferramenta, veio a partir do cenário em que a empresa que foi realizado o estudo se encontrava, com necessidade de melhorar a eficiência da linha para atendimento de demanda extra para o produto de tecnologia específica e com alto valor agregado, estando assim alinhado com as necessidades estratégicas do negócio. Foi evidenciado que a principal perda de eficiência dessa linha estava relacionada a troca de formato, portando foi selecionado a ferramenta SMED para realizar o estudo de caso.

1.5 Metodologia

O trabalho realizou um estudo de caso em uma empresa multinacional do setor de alimentício, avaliando seus métodos e ferramentas utilizadas para a integração das áreas de *Lean Six Sigma* e TPM como maneira de promover melhoria continua na performance industrial.

Para a elaboração deste trabalho, foi feito inicialmente uma fundamentação teórica sobre os seguintes temas: *Lean Manufacturing*, Seis Sigma e SMED. Esta pesquisa foi realizada com base em livros, apostilas, artigos acadêmicos com a finalidade de ter embasamento teórico.

Paralelamente à revisão bibliográfica, foi realizado estudo de caso de projetos realizados na prática para evidenciar os benefícios gerados pela implementação de ferramentas de *Lean Seis Sigma*, no caso estudado SMED. Todo o projeto foi teve seus dados coletados e analisados para a posterior demonstração dos resultados e benefícios atingidos bem como para conclusão do estudo de caso.

Serão seguidos como base dois tipos de pesquisa:

- a) Pesquisa qualitativa, pois existe a necessidade em compreender e interpretar determinados comportamentos, através de observação do pesquisador que é participante do grupo.
- b) Pesquisa quantitativa, pois todo o comportamento observado, opiniões e motivações serão transformados em números para auxiliar no apontamento de resultados, que muitas vezes virão de ferramentas estatísticas.

2 REVISÃO TEÓRICA

O objetivo deste capítulo é a contextualização de *Lean Six Sigma*, realizando estudo de casos de *Lean Manufacturing* e *Six Sigma*, citando os fatos que culminaram no surgimento disseminação e posterior integração dessas metodologias.

Esse capítulo deve proporcionar ao leitor conhecimento básicos porém essenciais para o entendimento de *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* e SMED, para posteriormente mostrar a aplicabilidade desses sistemas como método de solução de problemas de formas sustentáveis.

Por fim, apresentar um método de implantação de SMED utilizando a abordagem *Lean Six Sigma*, focando na eliminação de desperdícios e variações no processo produtivo analisado.

2.1 Lean Manufacturing

Nessa seção será abordado conceitos de *Lean Manufacturing*, como origem princípios e finalidades, para fornecer ao leitor um embasamento teórico para que facilite a assimilação com os outros temas que serão abordados nesse trabalho.

2.1.1 Historico de *Lean Manufacturing*

Segundo Womack, Jones e Roos (1992), a filosofia de trabalho *Lean Manufacturing* originou-se no Japão na montadora Toyota, com o nome de Sistema de Produção Toyota. A necessidade de criação de um modelo de produção mais competitivo veio devido o notável domínio de mercado automobilístico pelas grandes empresas americanas e europeias, e um período de dificuldades econômicas no Japão. Após um longo período de crise, colapso nas vendas e renúncia de Kiichiro assumindo os fracassos gerenciais, os executivos da Toyota Taiichi Ohno e Eiji Toyoda sentiram a necessidade de estudo do modelo de produção utilizado na época, que era a produção em massa. Toyoda e Ohno após estudar cuidadosamente esse modelo de produção, decidiram fazer uma tarefa que revelou-se difícil, copiar e aprimorar o modelo Rouge (produção em massa). E então surgiu o Sistema de Produção Toyota que foi chamado posteriormente de Produção Enxuta.

Segundo Ohno (1997), o Sistema Toyota de Produção tem como base a eliminação de desperdícios e para tal, está sustentada por dois pilares essenciais: *Just In Time* (JIT) e Automação.

O *Just In Time* significa que as peças necessárias a montagem devem chegar ao fluxo de produtivo no momento exato a sua utilização, levando com isso a uma redução de estoque necessário, que do ponto de vista de gestão de produção é o cenário ideal. Já a Automação, que consiste em dotar máquinas, equipamentos de inteligência humana, seja para impedir que um defeito seja produzido a partir de uma falha ou até mesmo para um equipamento caso alguma condição preestabelecida seja atingida.

Womack, Jones e Roos (1992) definem desperdício como uma atividade que utiliza um recurso, gerando custos, porém não agrega valor do ponto de vista do consumidor. Na Tabela 1 os autores comparam os princípios *Lean* com focos na produção e no consumidor.

Isso mostra suas contribuições em ambas as áreas e evidencia que esta ferramenta traz benefícios mútuos para produção e cliente final.

Tabela 1 - Princípios *Lean* com enfoques na produção e no consumidor

PRINCÍPIOS ENXUTOS (PRODUÇÃO)	CONSUMO ENXUTO (CONSUMIDOR)
Especificar e aumentar o valor dos produtos sob a ótica do cliente	Solucionar totalmente o problema do cliente
Identificar a cadeia de valor para cada produto e remover os desperdícios	Não desperdiçar o tempo do cliente
Fazer o valor fluir pela cadeia	Oferecer exatamente aquilo que o cliente quer
De modo que o cliente possa puxar a produção	Oferecer o que o cliente quer exatamente onde ele quer
Gerenciamento rumo à perfeição	Oferecer o que o cliente quer, onde ele quer e exatamente quando ele quer
	Agregar continuamente soluções para reduzir tempo e aborrecimentos do cliente

Fonte: Womack e Jones (2003 e 2006).

2.1.2 Conceitos Chave de *Lean Manufacturing*

Serão apresentados nessa seção, algumas terminologias essenciais para o entendimento de *Lean Manufacturing*.

2.1.2.1 Atividades que Agregam Valor (AV) e que Não Agregam Valor (NVA)

Todas as atividades que são realizadas em uma empresa podem ser classificadas em 3 grupos, se olhada sob a ótica do consumidor. o consumidor consegue enxergar que algumas atividades agregam valor ao produto final e outras não, existe ainda as atividades que não

agregam valor ao produto final, porém são necessárias ao processo produtivo atual para que se possa entregar o produto final. De acordo com o Hines e Taylor (2000), deve-se trabalhar para eliminar as atividades que não agregam valor ao produto sob a ótica do cliente e minimizar as atividades que não agregam valor porém são necessárias nas condições atuais, para que se possa focar nas atividades que agreguem valor. Hines e Taylor (2000) ainda propõe a seguinte classificação e definição dessas atividades.

- **Atividades que agregam valor (AV):** Atividades que os clientes/consumidores estão dispostos a pagar no produto final, geralmente essas ações estão atreladas a transformações que o produto sofre para que seja possível chegar no produto final. Exemplos de atividades que agregam valor são: Realização da pintura correta de um produto e uma usinagem realizada de maneira correta em uma peça.

- **Atividades que não agregam valor (NVA):** São atividades que os cliente/consumidores não estão dispostos a pagar, pois não agregam valor algum ao produto nem se fazem necessária no processo de produção. Exemplos de atividades NVA são: espera de processo por falta de matéria prima, retrabalho de peça por defeito e movimentações desnecessárias no processo produtivo.

- **Atividades que não agregam valor mas são necessárias (NVAn):** São atividades que seguem o mesmo princípio das anteriores porém, na condição atual são necessárias para que se possa entregar o produto final, exemplos de atividades NVAn são: inspeções manuais de qualidade e movimentações devido deficiências do layout atual.

Para Hines e Taylor (2000), nas empresas a grande maioria das atividades realizadas se encaixam no grupo de NVA, definem ainda que em manufatura o percentual de atividades VA estão na ordem de 5%, caindo para 1% em ambientes administrativos.

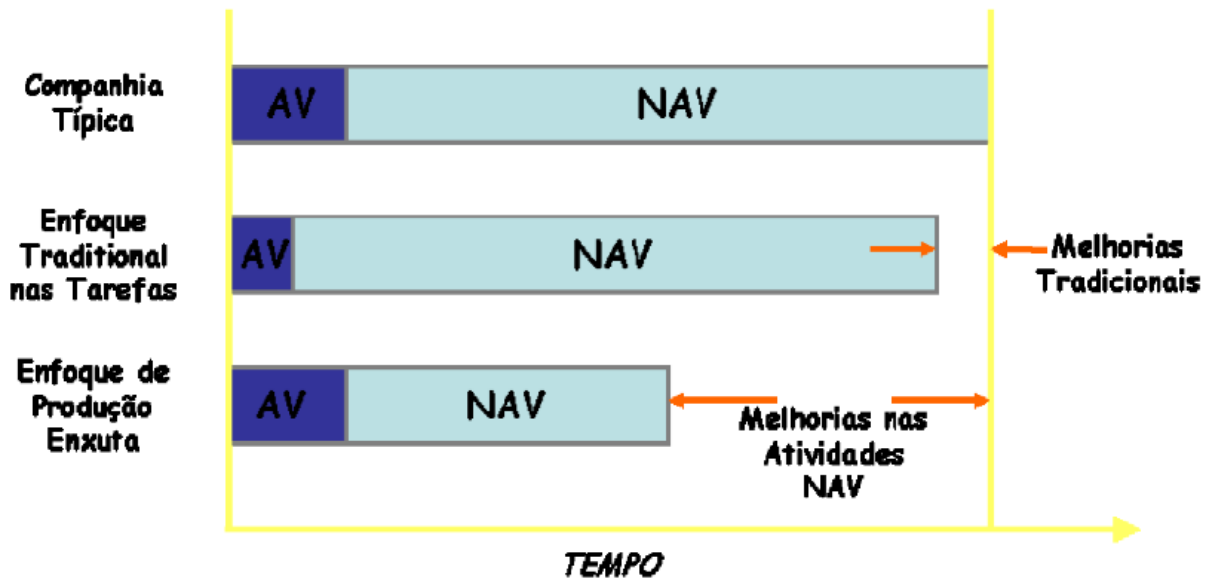
Portanto, para ganhos de eficiência é necessário que se elimine as atividades NVA e se trabalhe de forma a reduzir as NVAn, de modo que os esforços estejam focado em potencializar as atividades VA.

A eliminação de desperdícios e elementos desnecessários a fim de reduzir custos; a idéia básica é produzir apenas o necessário, no momento necessário e na quantidade requerida (OHNO,1997).

Na figura 1 pode ser observado como as atividades se distribuem em um fluxo de valor e o enfoque de *Lean Manufacturing* em se eliminar atividades NVA não interferindo nas VA,

umentando eficiência da empresa sem interferir no que o cliente/consumidor enxerga como valor.

Figura 1: Composição das atividades de um fluxo de valor



Fonte: Adaptado de Hines e Taylor (2000)

2.1.2.2 Os Cinco Princípios de Lean Manufacturing

Segundo Womack e Jones (1996) Taiichi Ohno executivo da Toyota identificou e descreveu sete tipos de desperdícios, chamado pelos japoneses de “muda”, que foi definido pelo autor como qualquer atividade humana que absorva recursos, porém não agrega valor ao processo produtivo. Como contramedida aos desperdícios Womack e Jones citam o *Lean Thinking* como maneira sistemática de eliminação das mudas, mostrando os cinco princípios da produção enxuta que são descritos a seguir.

a) **Especificar o Valor** – Definir o que é valor para o produto em questão levando em consideração o ponto de vista do consumidor. É comum que as empresas busquem essa especificação de valor internamente, trazendo complexidade aos processos, porém quem realmente pode definir o que é valor é o consumidor final, especificando o que realmente precisa para atender suas necessidades.

b) **Identificar o Fluxo de Valor** – Identificar todas as atividades necessárias para trazer o produto (seja ele bem ou serviço) por três etapas críticas de gerenciamento de negócios,

que são elas: Solução de problemas, gerenciamento das informações e transformação física do produto. Categorizando nessa fase as atividades que agregam valor ao produto, as que não agregam, mas são necessárias e as que não agregam e devem ser imediatamente eliminada do processo produtivo.

c) **Fluxo** – Já com o valor especificado sob a ótica do consumidor final, o fluxo de valor totalmente mapeado com as principais fontes de desperdícios eliminadas, busca-se a melhor maneira para fazer o produto percorrer toda a cadeia de valor sem interrupções, desperdícios e principalmente de forma contínua.

d) **Sistema Puxado** - uma vez que os princípios anteriores são realizados, é possível perceber uma grande melhoria em tempos por toda a cadeia de valor, do conceito ao lançamento do produto no mercado, de vendas a entrega, e da matéria prima ao consumidor final. Com a redução do *Lead Time* é possível produzir de acordo com a puxada do consumidor final, evitando desperdícios como superprodução e espera entre os processos produtivos.

e) **Buscar a Perfeição** – Busca incessante pela eliminação de desperdício por toda a cadeia de valor.

Conforme as organizações identificar valor sobre a ótica do consumidor, definir um fluxo de valor para seus produtos, identificando atividades com a finalidade de redução desperdícios para a criação de fluxo viabilizando a criação do sistema puxado, todo esse processo torna-se uma maneira de trabalho e a busca pela redução de esforços, tempos e desperdícios.

2.1.2.3 Os Sete Desperdícios

Lean Manufacturing é uma iniciativa que busca eliminar desperdícios, isto é, excluir o que não tem valor para o cliente e imprimir velocidade à empresa, para isso foram identificados sete tipos de desperdícios que são ilustrados na figura 2 – Categoria de perdas. Esta definição mostra o enfoque *Lean* na redução de custos e ênfase na qualidade ao cliente. Isto torna uma organização mais competitiva, tendo mais possibilidades de fidelizar e conquistar novos clientes. Sendo assim, o objetivo *Lean* é a redução de desperdícios, Werkema (2004) aponta sete tipos de desperdícios que procuram ser eliminados com a aplicação desta filosofia:

- **Excesso de Produção:** Quando é produzido além da necessidade do consumidor o que acarreta em diminuição de capital disponível, para mitigar é necessário que se produza

de acordo com a demanda real puxada pelo consumidor. Esse desperdício gera a maioria dos outros desperdícios, produzir antes do tempo ideal gera aumento dos custos de fabricação bem como de manutenção de estoques seja interno ou externo.

- **Defeito:** É o ato de produzir produtos não conformes e que o consumidor não está disposto a pagar, defeitos podem acontecer em qual etapa da cadeia de fabricação do produto ou serviço. Exemplo, retrabalho.
- **Estoque:** gerando economia com insumos parados, produtos acabados parados e sinergias de espaço de armazenagem. Exemplo, materiais de escritório.
- **Processamento Extra:** Por meio de melhoria de processos é possível eliminar tarefas desnecessárias e que não agregam valor ao cliente. Exemplo, relatórios não necessários e reentrada de dados.
- **Movimentação:** movimento que não agrega valor além do que é necessário para realizar a operação. Exemplo, caminhada excessiva para buscar peças/materiais.
- **Transporte:** gerando sinergias de espaço, mão-de-obra e equipamentos. Exemplo, transporte desnecessário de produtos entre a cadeia de produção.
- **Espera:** maquinário/ pessoas sem agregar valor ao produto devido ao fluxo de produção ter sido interrompido por algum motivo no processo. Exemplo, sistemas lentos ou fora do ar e demora nas aprovações de documentos.

Figura 2 - Categoria de Perdas



Fonte: Hominiss (2010)

De acordo com Liker (2005), Ohno considerava a superprodução como o principal desperdício por desencadear todos os outros seis desperdícios. Produção além do demandado pelo cliente, gerava uma variação de estoque em várias etapas da cadeia de valor.

2.1.2.4 Mapeamento do Fluxo de Valor

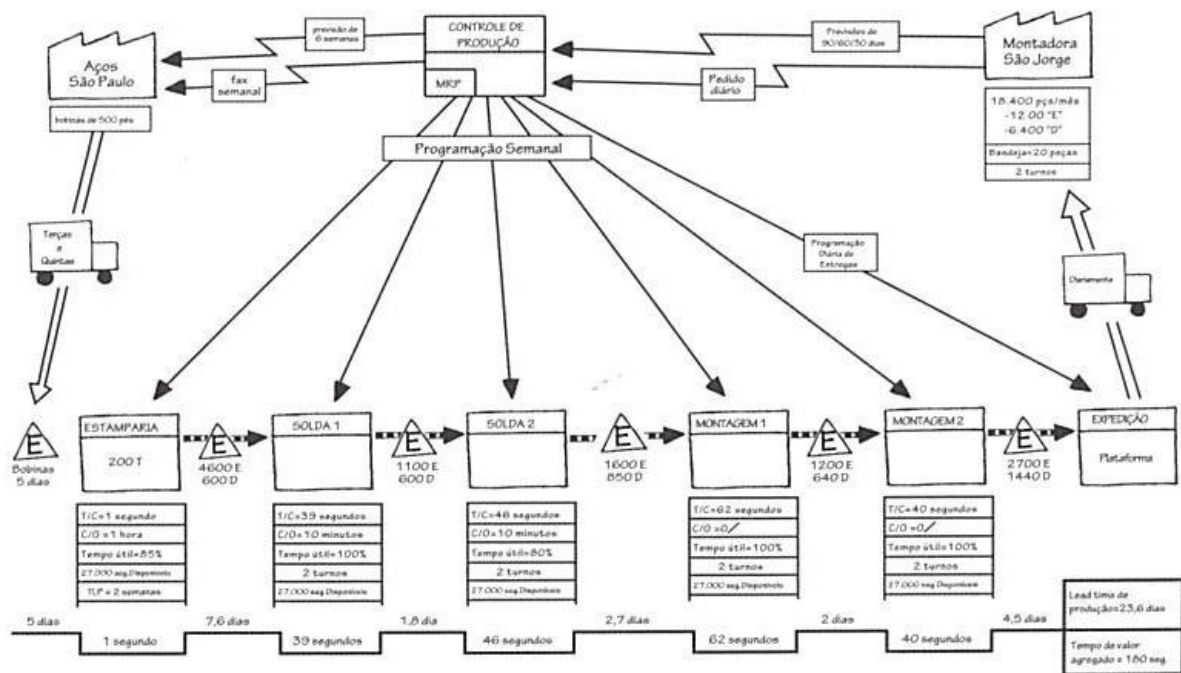
Segundo Rother e Shook (2003), o mapeamento do Fluxo de valor é uma descrição de todas as atividades (que agregam valor ou não) por qual um produto passa desde a matéria prima até o consumidor final, é uma ferramenta utilizada para entender e enxergar o fluxo de material e o fluxo de informação que o produto passa em toda a cadeia de valor. Tendo como objetivo permitir ao usuário dessa ferramenta uma visão geral do fluxo de valor do produto, baseado em uma linguagem comum, ajudando a enxergar desperdícios e fontes de desperdícios.

De acordo com Rother e Shook (2003) o mapeamento do fluxo de valor segue quatro etapas:

a- Escolher a Família de Produtos - A escolha da família de produtos deve ser feita de maneira estratégica viabilizando a aplicação da ferramenta, essa escolha deve ser baseada no valor que a família de produto oferece ao consumidor final e resultados para o negócio.

b- Mapeamento do Estado Atual – Nessa etapa é desenhado o estado atual da empresa, sempre levando em consideração o fluxo de informação e de material, segundo os autores uma dica para fazer o desenho do estado atual é começar sempre pelo processo final, pois facilita a percepção de valor pela ótica do cliente e utilizar sempre as informações que são coletadas no momento da realização do MFV quando possível, para ter maior precisão das informações. Na figura 3 é possível ver um exemplo de mapeamento do Fluxo de Valor Atual.

Figura 3 - Mapa do Fluxo de Valor de um Estado Atual



Fonte: Rother e Shook (1999)

c- Mapeamento do Estado Futuro - Após realizado o mapeamento do estado atual podemos identificar todas os desperdícios e fontes de desperdícios presentes no fluxo de valor, o Mapeamento do Estado Futuro é feito a partir de uma idealização de como a empresa pode ficar eliminando-se os desperdícios encontrados no mapeamento do estado atual.

d- Escrever o Plano de Trabalho – Nessa etapa é elaborado o plano de implementação do estado futuro, deve ser feito um plano dividido em etapas, com prazos e metas necessárias para atingir o estado futuro.

De acordo com Rother e Shook (2003) a busca pelo estado futuro deve ser constante e não existe um número exato de ciclos que deve ser realizado o mapeamento do fluxo de valor, a busca pelo estado ideal deve ser um meio de administração tendo em vista que sempre é possível melhorar um fluxo de valor.

Deve constar no mapa de fluxo de valor algumas informações relevantes ao estado atual e projeção de estado futuro, para que seja possível realizar uma interpretação do valor que está sendo agregado ao mapa. Tais informações são obtidas a partir das chamadas métricas definidas a seguir (ROTHER e SHOOK, 2003):

- **Tempo de Ciclo** – Tempo com que uma peça, produto ou bem de serviço é completada no processo produtivo, pode-se simplificar como o tempo que existe entre a saída de dois produtos pelo processo produtivo.

- *Lean Time* - Tempo que a peça demora para percorrer toda o fluxo de valor do processo produtivo, desde a preparação da matéria prima até o produto acabado.
- Tempo de Agregação de Valor - Somatória dos tempos totais das atividades de processo que realmente agregam valor ao produto.
- *Takt Time* – Tempo que o produto está sendo demandado, calculado a partir da quantidade necessária de produto para atender o mercado dividido pelo tempo disponível para produção desse produto.

2.2 Six Sigma

Nessa seção será abordado conceitos de *Six Sigma*, com origem princípios e finalidades, para fornecer ao leitor um embasamento teórico para que facilite a assimilação com os outros temas que serão abordados nesse trabalho, para realização desse estudo foram utilizados livros, artigos científicos e teses de doutorado como embasamento.

2.2.1 Histórico do Six Sigma

Para Werkema (2004) o programa originou-se da necessidade de capacitar a empresa Motorola para poder competir em um mercado extremamente competitivo onde seus concorrentes estavam com produtos de qualidade superior aos seus. Mais adiante quando em 1988 a Motorola conquistou um prêmio nacional de qualidade, a metodologia Seis Sigma consagrou-se como o programa responsável pela melhora significativa da organização visto o cenário que se encontrava.

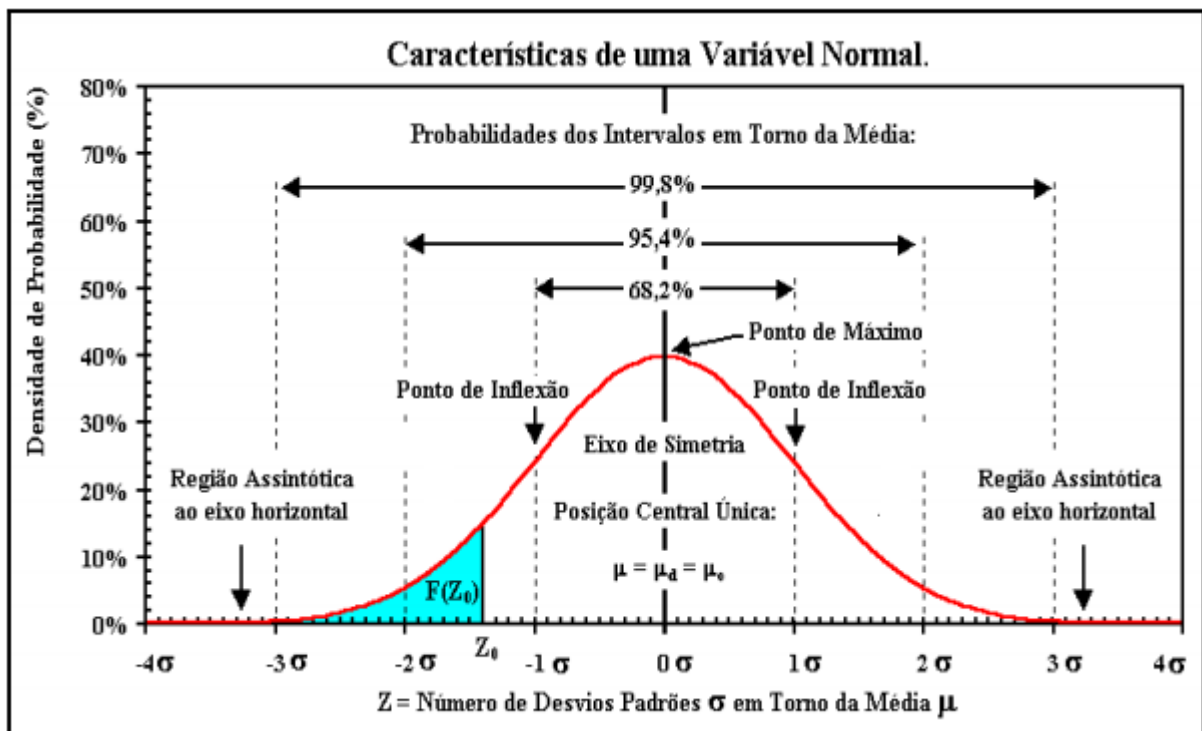
Segundo Harry e Schroeder (2000), Seis Sigma é uma poderosa estratégia para melhora continua da organização que habilita as companhias a utilizar métodos estatísticos de baixa complexidade para buscar a excelência operacional. É um programa de excelência operacional que permite que as organizações melhorem significativamente seus níveis de performance por adotar medidas de controle diário das atividades de rotina do negócio de maneira que variações de processos sejam minimizadas e eliminação de desperdícios de processo de maneira a buscar de forma continua a satisfação do consumidor. O programa Seis Sigma começa com a com a aprovação dos principais responsáveis pelo negócio e termina com uma implementação vinda de cima para baixo de forma a integrar todas as pessoas envolvidas

da organização, tendo um grande impacto na produtividade da organização caso seja implementado de maneira assertiva.

Segundo Werkema (2004) o programa *six sigma* é uma estratégia gerencial que busca constantemente o aumento de produtividade pelo aumento significativo da qualidade nos processos e produtos, tendo como consequência melhora contínua na satisfação dos clientes e consumidores.

Segundo Tariq (2013) a letra grega *Sigma* (σ) é uma unidade de medida estatística usada para calcular a capacidade do processo, e é relacionada com a quantidade de defeitos por milhões de oportunidade de ser gerado os defeitos. Essa metodologia chamada Seis Sigma significa 3,4 defeitos em 1 milhão de oportunidades de se gerar o defeito. A figura 4 mostra o nível de confiabilidade de acordo com o nível de sigma que o processo está trabalhando.

Figura 4 - Gráfico de distribuição de probabilidade da função normal



Fonte: www.anvisa.gov.br

Seis Sigmas é baseado em duas metodologias a DMAIC (definir, medir, analisar, implementar e controlar) e DMADV (definir, medir, analisar, desenvolver e verificar), a metodologia DMAIC é utilizada para processos já definidos e que necessitam de melhorias, o método DMADV é utilizado para desenvolver novos processos.

Ambas metodologias têm técnicas únicas que não são encontradas em outras abordagens de gerenciamento.

De acordo com Harry e Schroeder (2000) A estratégia de *Six Sigma* é atraente as organizações e bem-sucedidas pelo foco que é dado aos processos e aos componentes que fazem esses processos dinâmicos.

2.2.2 O Método DMAIC

De acordo com Santos (2006) o método DMAIC é um método direcionado para a solução de problemas, focado na utilização de etapas lógicas que assegurem a redução de defeitos, falhas e variações de processos. A método DMAIC consiste em simplificar e deixar os processos e procedimentos robustos, blindados a variação, para garantir a redução de falhas, melhorar a satisfação do consumidor e lucratividade da organização. Seu método de implantação consiste DMAIC que consiste em uma estrutura formada por 5 fases (*Define, Measure, Analyze, Implement e Control*), essa estrutura se assimila a outros métodos de melhoria continua como o PDCA (*Plan, Do, Check and Action*).

Para Hahn (2000), cada etapa do método DMAIC segue uma ordem cronológica e pode ser atrelada a uma ação.

Definir – De acordo com Santos (2006) Nessa etapa o problema precisa ser definido, levando em consideração os impactos do problema no processo e no consumidor, utilizando uma abordagem estratégica priorizando atacar problemas com oportunidades de melhoria de alto potencial, e que esteja alinhado as necessidades do consumidor. Nessa etapa é essencial que haja dados confiáveis que sirvam como base consistente para o avanço as próximas etapas.

Medir – Nessa fase o problema precise ser delimitado, a utilização de ferramentas estatísticas nessa etapa é essencial para definir padrões e principais causas do problema que esta acontecendo, várias ferramentas já conhecidas no meio industrial podem ser utilizadas para auxiliar na realização dessa fase, como por exemplo: pareto, Histogramas, Gráficos sequenciais entre outros. Para Santos (2006), nessa etapa além de definir o que vai ser medido, é importante traçar um plano de coleta de dados eficiente que permita uma visão geral de todos os recursos que serão necessários para a realização da coleta, como: pessoas envolvidas, materiais necessários nas quantidades necessárias e etc.

Analisar – Nessa fase são analisados os dados coletados na etapa anterior, nessa fase a principal entrega é a definição da causa raiz do problema, somente com o entendimento do

princípio de funcionamento e uma medição apurada poderá ser encontrada a Causa Raiz, nessa fase podemos utilizar ferramentas como, Brainstorming, Diagrama de *Ishikawa*, FMEA e aplicação de 5 Por quês podem auxiliar a encontrar a causa raiz. Santos (2006) defende que nessa fase inclui ainda a identificação das principais oportunidades de melhoria, levando em consideração o impacto dessas oportunidades sobre o problema que está sendo estudado.

Implementar – A partir das causas raízes e contribuintes devemos elaborar um plano de ação de contramedidas para mitigar os problemas encontrados. Nessa fase devemos priorizar as ações a serem realizadas e focar principalmente em ações que atuam de forma preventiva ao problema, pode ser adotado uma escala de contramedidas para verificar a efetividade da ação.

Controlar - Essa etapa é responsável por controlar a efetividade do projeto verificando se os resultados conquistados atingiram a meta proposta e são sustentáveis a longo prazo.

2.2.3 Método de Implantação

Henderson e Evans (2000), apontam quatro níveis de especialização considerados para se estabelecerem diferentes posições hierárquicas dos envolvidos identificam a participação de: *Green Belts* (GB), *Black Belts* (BB), *Master Black Belts* (MBB) e *Champions*. Eckes (2001), defende ainda a posição de *Sponsor* como parte da hierarquia fundamental que deve ser formada para dar suporte a execução de projetos.

Santos (2006) explica em sua tese, as responsabilidades e atividades de cada um dos participantes, baseado nos modelos utilizados pela *General Eletric* (GE) e Motorola. Nessas companhias a identificação dos especialistas por nível de atuação é feita conforme segue:

2.2.3.1 O Sponsor

Para Rotondaro et al. (2005), o *Sponsor* que pode ser traduzido para o português como “patrocinador” é o responsável pelo desdobramento do Seis Sigma. Além de gerenciar, é de sua responsabilidade liderar e incentivar a iniciativa do programa em toda a organização. Para Santos (2006), o *Sponsor* é o CEO (*Chief Executive of Organization*) da empresa, ou seja, é uma pessoa com cargo de alta direção da organização que está alinhado com a implementação de Seis Sigma como estratégia organizacional. Sua responsabilidade é definir os *Champions* que devem ser selecionados de acordo com as características necessárias para, supervisionar e

incentivar as iniciativas de melhoria em toda a empresa, além de verificar os benefícios financeiros alcançados com os projetos.

2.2.3.2 O Champion

A figura do *Champion*, é o gerente que “supervisiona” um projeto de melhoria. É ele quem garante que a metodologia está sendo seguida com a finalidade de atingir a meta do projeto. As equipes precisam de liberdade e autonomia para tomar suas próprias decisões, porém também necessitam de orientação dos líderes da empresa para direcionarem seus esforços. Segundo Rotondaro et al. (2005), o *Champion* deve escolher as pessoas que irão disseminar a metodologia e conhecimento sobre o Seis Sigma por toda a organização e liderar os executivos-chave da organização.

Para Santos (2006), ele deve entender todos os princípios e práticas do Seis Sigma, bem como ter grande influência sobre a área que está sendo implantado o projeto, deve compreender as teorias e saber como lidar com a adaptação da implantação de acordo com a área que está sendo melhorada. Ele é responsável por orientar e preparar o caminho para a mudança, dentre suas responsabilidades destaca-se definição de metas para os projetos, orientação metodológica, quebra de barreiras que dificultem o processo e garantir que o projeto esteja de acordo com as estratégias de crescimento da organização

2.2.3.3 Master Black Belt

Este é o nível que se encontra os profissionais com maior conhecimento na metodologia Seis Sigma nas ferramentas utilizadas por essa metodologia para gerar os resultados. Estes profissionais necessitam ter o conhecimento prévio dos *Black Belts* e grande conhecimento em ferramentas estatísticas nas quais são baseadas para tomada de decisões pertinentes ao projeto.

Segundo Santos (2006), os *Masters Black Belt*, são um *experts* em qualidade dedicado integralmente ao Seis Sigma. Ele é o mentor de um grupo de *Black Belts* e atua diretamente na formulação da estratégia de implementação, no treinamento dos participantes, na seleção, direcionamento e revisão de projetos. Esse profissional possui um alto valor interno na organização pois é responsável pelos principais projetos de melhoria e redução de desperdícios, com grande conhecimento estatístico ao mesmo nível de um profissional de consultoria externa.

2.2.3.4 Black Belts

Os *Black Belts*, em geral são profissionais treinados para utilizar ferramentas e técnicas para prevenção e resolução de problemas de maneira mais complexa com grande apoio de ferramentas estatísticas. Na maioria dos casos podemos ver que o ocupante desse cargo possui uma ocupação de gerência na organização.

De acordo com Santos (2006) um *Black Belt* deve liderar diversos projetos ao mesmo tempo, uma de suas principais funções é orientar os *Green Belts*. É responsável por identificar oportunidades de melhoria e auxilia no treinamento dos demais envolvidos com a implementação dos projetos que estão sobre sua responsabilidade.

2.2.3.5 Green Belts

Para Rotondaro (2002) os *Green Belts* são profissionais que podem estar ou dedicados as atividades relacionadas com *Six Sigma*, são geralmente pessoas de nível operacional, técnica ou de média gerência que recebem treinamento simplificado sobre as ferramentas e técnicas para prevenção e resolução de problemas. Suas tarefas principais podem ser resumidas em auxiliar os *Black Belts* na coleta de dados e no desenvolvimento de experimentos e liderar pequenos projetos de melhoria em suas áreas de atuação.

2.3 Lean Six Sigma

Nesse tópico será abordado integração das duas metodologias de Trabalho, o *Lean Manufacturing* e *Six Sigma*, mostrando o que motivou a união dessas duas metodologias, exaltando os pontos fortes dessa união e mostrando como isso é aplicado de forma sustentável no ambiente industrial.

2.3.1 Integração Lean Six Sigma

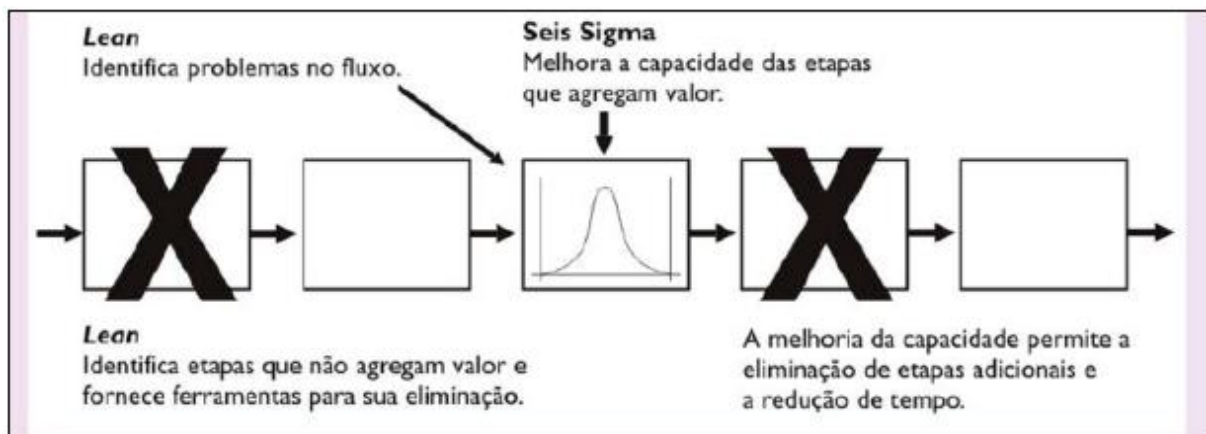
Pode ser considerado como *Lean Six Sigma* a integração das duas metodologias apresentadas anteriormente, o *Lean Manufacturing* (Produção Enxuta) e *Six Sigma* (Seis Sigma), a finalidade dessa integração é somar os pontos fortes das duas metodologias em uma

só. Tornando *Lean Six Sigma* uma estratégia muito robusta e ampla utilizada para a resolução de problemas de forma sistêmica com o foco em melhoria contínua de processos.

De acordo com Salah et AL. (2010), o *Lean Six Sigma* pode ser definido como uma estratégia de busca continuamente eliminar desperdícios e variações nos processos produtivos, seguindo a abordagem DMAIC estudada acima, buscando com isso atingir as necessidades dos clientes e consumidores com preço mais baixo e elevado nível de qualidade. Além de todos os benefícios de custo e agilidade de processo trazidos por essas ferramentas, Welch (2005) afirma que outro grande benefício da integração das duas metodologias é a formação de um quadro de grandes líderes.

Para Werkema (2006), a integração de *Lean Manufacturing* com *Six Sigma* ocorre de forma natural nas organizações, na busca de um método robusto e estruturados para melhoria dos processos. *Lean Manufacturing* tem uma lacuna, com relação entrega de um processo estruturado para a solução de problemas, devido à falta de ferramentas estatísticas para tratar as variabilidades dos processos produtivos, lacuna essa que é preenchida com a vasta gama de ferramentas estatísticas que são oferecidas pelo programa *Six Sigma*, por outro lado, *Six Sigma* não oferece aporte a melhoria na agilidades dos processos e redução de desperdícios, tornando-se parte fundamental a abordagem levada por *Lean Manufacturing*, as contribuições de cada metodologia pode ser observada na Figura 5.

Figura 5: contribuição de Lean Manufacturing e Six Sigma



Fonte: Werkema (2006)

Para Carvalho e Paladini (2006), a estratégia de *Lean Six Sigma* é fornecer uma ferramenta gerencial robusta que busca a eliminação de variações nos processos e para isso utiliza uma

abordagem sistêmica e estatística, alinhado sempre com os objetivos e estratégias de negócio da organização.

2.4 SMED

Esse capítulo apresentará uma revisão teórica de SMED (*Single Minute Exchange of Die*), para melhor entendimento do que é essa ferramenta, por meio de uma descrição conceitual, desde o surgimento da ferramenta até técnicas de aplicação que irão viabilizar o estudo de caso.

2.4.1 Histórico do SMED

De acordo com Shingo (2000), o SMED (*Single Minute Exchange of Die*) também conhecido como TRF (Troca Rápida de Ferramenta) teve início em 1950 com o próprio Shigeo Shingo conduziu um trabalho de melhora da eficiência de uma planta das Mazda em Hiroshima. Nesse estudo Shingo analisou em campo como era realizada o *setup* da máquina gargalo, nessa análise Shingo evidenciou um grande desperdício de tempos durante o *setup* da máquina, peças essenciais para a realização da troca de ferramentas estavam faltando e outras foram adaptadas para poder realizar a troca. Evidenciou-se nesse cenário o que seria chamado de fase preliminar do SMED, onde a troca de formato é feita de forma desorganizada sem utilizar nenhum tipo de referência padrão.

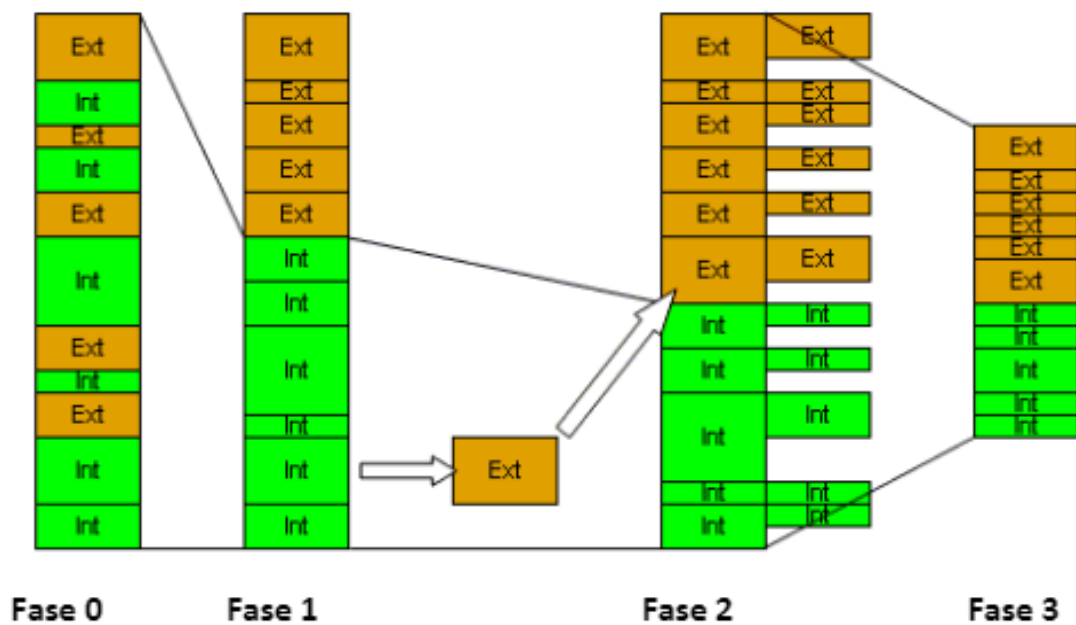
A partir de então Shingo começou a desenhar o que seria o primeiro estágio do SMED que é a diferenciação entre *setup* interno e *setup* externo, *setup* interno (tempo de *setup* com máquina parada) e *setup* externo (tempo de *setup* com máquina rodando). Esse foi o primeiro passo da criação da ferramenta SMED.

De acordo com Shingo (2000) em 1957 Shingo realizou um estudo em uma planta da *Mitsubishi Heavy Industries* em Hiroshima, no qual ele evidenciou a possibilidade de se converter o *setup* interno em *setup* externo a partir de um procedimento demarcação que era feito durante o tempo interno de *setup* e que facilmente poderia ser convertido para externo.

Posteriormente em uma visita a *Toyota Motors Company's* Shingo reduziu com sucesso um set de quatro horas para 90 minutos, simplificando todas as atividades internas de *setup*. Então Shingo recebeu um novo desafio para reduzir ainda mais o tempo de *setup* dessa

máquina para menos de três minutos. Shingo apresentou então 8 técnicas para redução de tempo de *setup*.

Figura 6: Esquema das 4 fases da metodologia SMED



Fonte: Pedro Manuel Pinto Mota

A figura 5 elucidada como se comporta as atividades internas e externas durante as fases de implementação das técnicas de *setup*.

2.4.2 Técnicas de Setup

Shingo (2008), define uma metodologia estruturada com uma visão estratégica de início, que sugere a redução de perdas da operação geradas pela troca de produto, essa estratégia consiste na procedimentação da operação de *setup* baseado no conhecimento empírico do operador ou responsável pela troca, levando em consideração as habilidades e experiências inerente ao processo em estudo. Após a definição dessa estratégia Shingo apresenta na Tabela 2 os quatro estágios para implementação.

Tabela 2: Estágios Conceituais

ESTÁGIOS	CONCEITOS
Estágio Inicial	Estudam-se detalhadamente as condições atuais de chão de fábrica através da cronometragem, amostragem, etc.
Estágio 1: Separando Setup Interno e Externo	Classificação das operações de setup em setup interno ou setup externo, ou seja, definem-se as atividades que são realizadas com a máquina parada ou com a máquina em funcionamento.
Estágio 2: Convertendo Setup Interno em Externo	Análise das atividades classificadas visando a conversão, se possível, das atividades de setup interno em atividades setup externo.
Estágio 3: Racionalizando todos os aspectos da operação de setup	Realizar esforços para a racionalização das operações de setup com o objetivo de reduzir o tempo de setup interno e de reduzir as falhas de setup externo.

Fonte: Adaptado de Shingo (2008)

Os estágios da tabela 2 apontam quatro que o SMED é composto por duas frentes principais, a primeira sendo análise e posteriormente a implementação, com foco na definição das operações de *setup* interno e externo e a racionalização das operações. Para promover a redução do tempo de troca e aplicação dos quatro estágios citados anteriormente, Shingo (2008) apresenta as oito técnicas de *setup*. A técnica um corresponde ao primeiro estágio do SMED, a técnica dois ao segundo estágio e as técnicas de 3 a 8 correspondem ao terceiro estágio. Sendo elas:

1. Separação das Atividades de *setup* interno e externo – nessa técnica é feito a identificação de todas as atividades do setup e então são classificadas como *setup* interno e *setup* externo.

“Através, simplesmente, da separação e organização das operações internas e externas, o tempo de *setup* interno (paradas inevitáveis da máquina) pode ser reduzido de 30 a 50%” (SHINGO, 2005, p.82).

2. Converter *setup* interno em *setup* externo – De acordo com Shingo (2005) esse é a principal atividade de um SMED, fazer essa conversão envolve uma análise das atividades da operação, verificando se está foi classificada corretamente, deve-se sempre buscar meios de converter atividades internas em atividades externas.

3. Padronizar a função, não a forma - Nesse princípio Shingo defende que a padronização deve ser feita na função, pois, a padronização de forma e tamanho das matrizes pode gerar uma redução de tempo de *setup*, mas ao mesmo tempo, pode ser considerada uma perda pelo fato das peças terem que se adequar ao novo formato e tamanho, enquanto a padronização na função exemplo: locais de encaixe ou engate da forma, permite uma flexibilidade maior na troca.

4. Utilizar grampos funcionais ou eliminar grampos – de acordo com Shingo (1985) os parafusos demandam muito tempo para fixação e retirada, logo devem ser substituídos por grampos e elementos de rápida fixação, ou encaixe de único toque.

5. Utilizar dispositivos intermediários – Nessa técnica Shingo defende que ajustes finos deve ser feito a partir de calibres ou então que outras bases de produção devem ser construídas para eliminar ajustes e processamentos dentro do tempo interno de *setup*.

6. Realização de atividades em paralelo – de acordo com Shingo (2005) os operadores devem realizar atividades distintas simultaneamente com o mesmo objetivo de colocar a máquina para rodar. Shingo ainda ressalta que esse método ainda é rejeitado pela maioria dos gerentes por demandar utilização de outros operadores para auxiliar no *setup* da máquina.

7. Eliminação de Ajustes – Para Shingo, tipicamente, ajustes são responsáveis por grande parte do tempo de *setup* interno, portanto a eliminação de ajustes traz uma grande redução do tempo total de *setup*. Para a eliminação de um ajuste é necessário a criação de um padrão que determina com precisão a posição correta de ajuste.

8. Mecanização – Mecanização é a ultima das técnicas de SMED e deve apenas ser levada em consideração após um grande esforço sobre as 7 técnicas anteriores. Aconselhável na maioria dos casos para equipamentos de grande dimensão onde as automatizações das máquinas trazem maior eficiência a máquina, porém um investimento inicial deve ser levado em consideração.

3. ESTUDO DE CASO

Essa seção irá descrever a definição da necessidade de aplicação da ferramenta de SMED para melhoria nos resultados de performance industrial, também serão apresentadas as discussões sobre a convergência ou divergência nas visões identificadas por cada departamento sobre algum tema específico.

3.1 Caracterização da Empresa

A empresa alvo do estudo de caso, é uma empresa multinacional, reconhecida mundialmente em diversas categorias de produto, reconhecida também pelo alto nível de qualidade de seus produtos. A empresa tem ênfase na produção de alimentos, com destaque para a produção de confeitos, balas, gomas e bebidas em pó. No Brasil, a empresa conta com quatro unidades produtivas localizadas em três estados diferentes, e dois escritórios administrativos.

A categoria específica que foi realizado o estudo de caso foi a de gomas sem açúcar, na unidade de Bauru situada no interior do Estado de São Paulo, A planta produtiva é composta por três fábricas, sendo responsáveis também pela produção de gomas com açúcar e balas. A planta conta ainda com armazém para matéria prima e produto acabado, preparação de essências, escritório central administrativo e estação de tratamento de esgoto (ETE).

A planta é responsável pelo abastecimento do mercado interno de balas e gomas, e também uma pequena fatia do mercado externo (cerca de 7% do volume anual produzido). Os principais clientes da empresa são empresas atacadistas e varejista, atingindo consumidores de todas as classes sociais.

A organização utiliza como estratégia para entrega de resultados do negócio um programa de excelência operacional chamado Sistemas Integrados, que foi iniciado originalmente na P&G (*Procter & Gamble*), que realiza a integração dos sistemas *Lean Manufacturing*, *Six Sigma*, TPM e Sistema de Organização de Alta performance. Esse programa facilita a integração de todos os departamentos da organização, fazendo que todos trabalhem de forma estratégica para a entrega dos resultados esperados.

Nessa organização a abordagem utilizada para a implementação de ferramentas de solução de problemas é a integração de *Lean Manufacturing* com *Six Sigma*, para posterior implementação do projeto de melhoria.

3.2 Relato do Caso

Seguindo a literatura estudada, visando melhorias nos índices de produtividade e eficiência, foi utilizada a ferramenta de SMED para redução do tempo de troca de formato de uma das linhas estratégicas da organização estudada.

A ferramenta utilizada é desenvolvida pelo pilar de Melhoria Focada o qual tem responsabilidade de criação, treinamento, consultorias e auditorias nos processos e ferramentas a serem utilizadas nas áreas funcionais da fábrica. A necessidade do projeto veio seguindo o direcional do Pilar de Melhoria Focada no qual a perda foi identificada, quantificada e priorizada para então ser erradicada e prevenida.

Foi adotada a abordagem de *Lean Six Sigma* para a utilização dessa ferramenta, seguindo a teoria de SMED apresentada por Shingo (2000) e estuda na revisão teórica, utilizando também a abordagem DMAIC/PDCA para construção do mapa de raciocínio dessa ferramenta, garantindo a implementação de uma ferramenta sustentável, com comprometimento da alta gerencia.

A estratégia de implementação adotada na empresa que foi aplicado o estudo de caso, é fracionado em passos. No total são realizados 6 passos para a implementação das técnicas de SMED. A Tabela 3 ajuda a relacionar os estágios de implementação de SMED definidos por Shingo (2000), com os seis passos de SMED, essa estrutura em passos está alinhada também com a estratégia Six Sigma.

Tabela 3: Relação passos e estágios de SMED

Estágios	Passos
Estágio Inicial	Preparação – Selecionar perdas e Justificar Projeto. Definir Meta Formar Equipe Estabelecer Cronograma de Trabalho
Estágio 1: Separando Setup Interno e Externo	Passo 1 – Documentar a realidade (registrar setup) Passo 2 - Separar atividades externas e internas
Estágio 2: Convertendo Setup Interno em Externo	Passo 3 – Converter atividades internas em externas
Estágio 3: Racionalizando todos os aspectos da operação de setup	Passo 4 – Simplificar atividades externas e internas Passo 5 – Padronizar novo Método Passo 6 – Planos futuros

Fonte: Criado pelo Próprio Autor

É importante ressaltar que esse é o primeiro ciclo de SMED executado na linha em estudo, portanto serão priorizadas em um primeiro momento, a padronização do método de troca, sem investimentos iniciais, apenas capturando os ganhos mais fáceis, que trarão benefícios imediatos. E posteriormente serão realizadas ações que demandam maior investimento de recursos.

3.2.1 Preparação

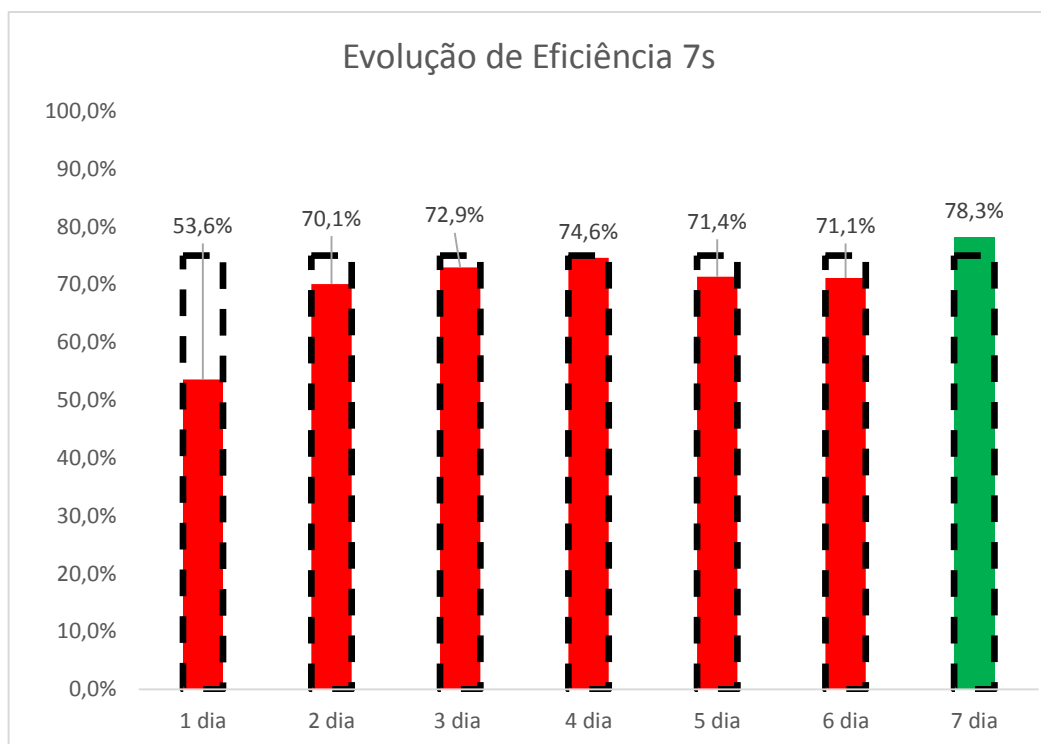
Como preparação para a execução do SMED é necessário: Selecionar as perdas e justificar o projeto, formar a equipe, definir meta e estabelecer cronograma de trabalho.

Selecionar Perdas – A seleção da perda a ser atacada foi baseada no maior tempo programado para troca de formato da fábrica, na qual a principal perda identificada foi a troca de formato do produto no formato “7S” (7 gomas na embalagem) para “14S” (14 gomas na embalagem) e vice-versa, que era programado 10 horas para realização da troca, tendo um histórico de 8 troca nos últimos 12 meses, totalizando 80 horas de troca de formato programado na linha.

Foi identificado também que a eficiência da linha no retorno da troca dos formatos citados acima não atende a necessidade do negócio, tendo em vista que a linha estudada possui demanda maior do que a capacidade de produção atual.

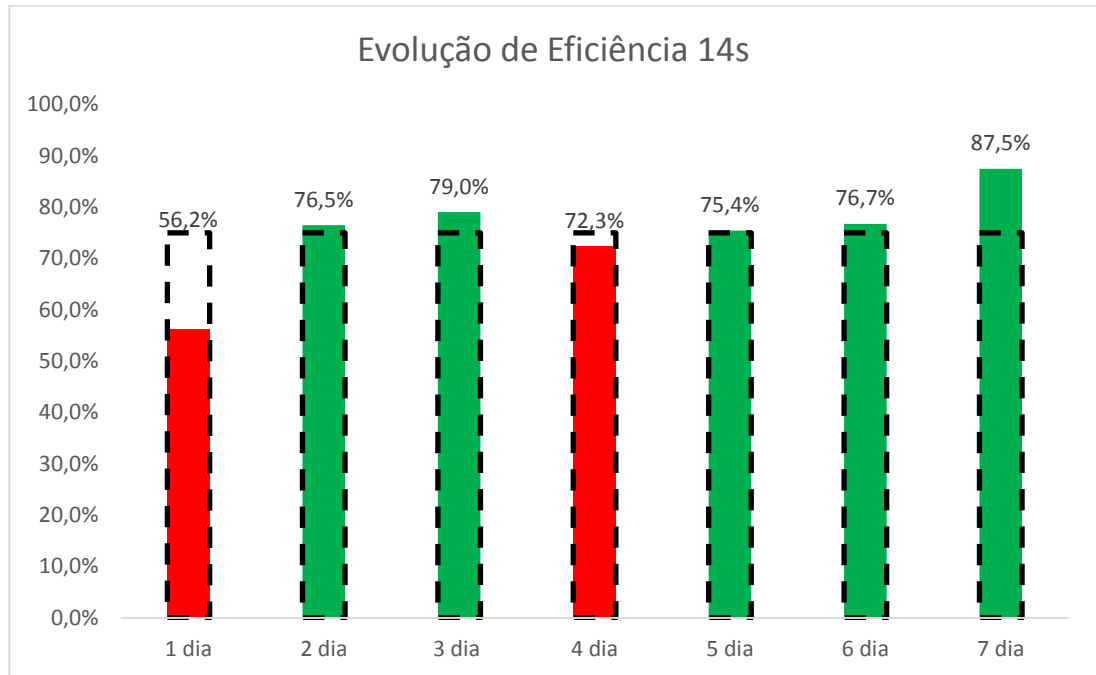
As figuras 7 e 8 mostram como foi a evolução da eficiência da linha nos dias seguintes a troca de formato, tanto na troca do produto “7S” para “14S”, quando na troca de “14S” para “7S”, os dados foram analisados a partir do banco de dados de eficiência da fábrica estudada, a linha tracejada é a meta de eficiência da linha de produção.

Figura 7: Evolução de eficiência troca de 14S para 7S.



Fonte: Autor

Figura 8: Evolução de eficiência troca de formato 7S para 14S.

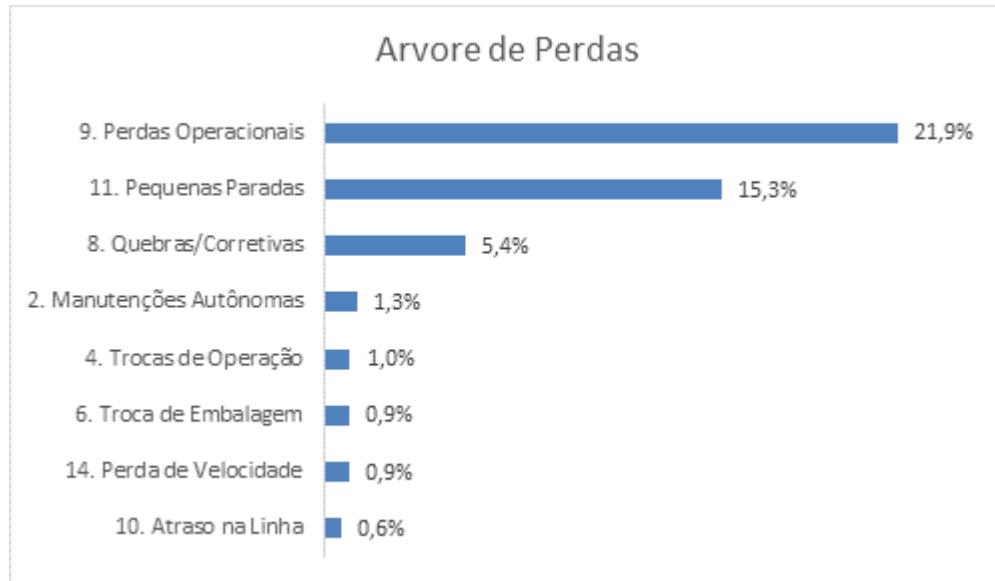


Fonte: Autor

É possível observar através das Figura 7 e 8, uma menor eficiência para o produto 7S, isso se deve a vários fatores, dentre eles: tecnologia da máquina, que tem sua velocidade dobrada em alguns pontos do equipamento para o produto 7S, e também ao fato do produto 7S ter um volume de produção menor, conseqüentemente, a capacitação da equipe para ajustes operacionais da máquina para esse formato é menor, pelo fato da maior parte do tempo a máquina estar produzindo o produto no formato 14s.

Foi realizado também uma árvore de perdas para identificar qual a maior perda na volta da troca de formato, na Figura 9, é possível observar que as três principais classes de perdas apontadas no retorno da linha é: Perda Operacional (limpeza e ajustes), pequenas paradas e quebras/corretivas.

Figura 9: Arvore de Perdas retorno de troca de formato.



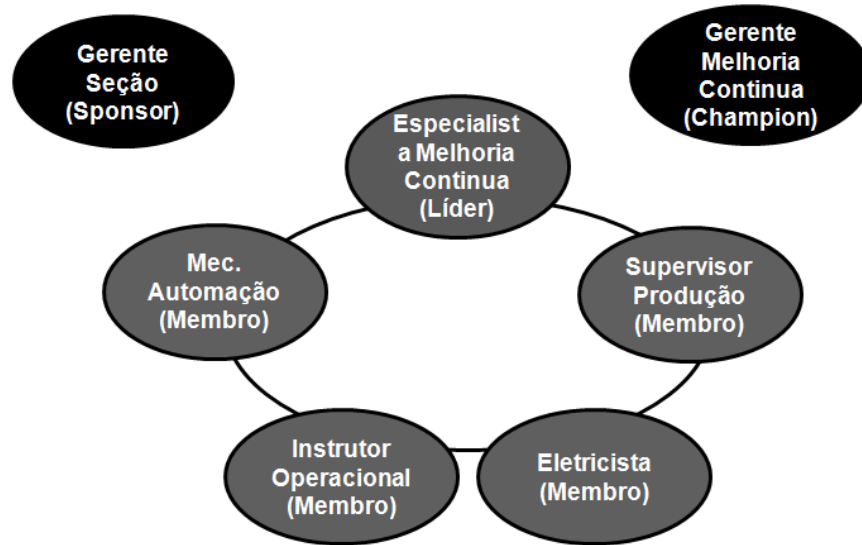
Fonte: Criado pelo Próprio Autor

Todas as principais perdas estão relacionadas à troca de formato, por serem perdas decorrentes de ajuste da máquina. Perdas operacionais estão relacionadas exclusivamente a ajustes técnicos e operacionais e a limpezas não planejadas na linha de produção decorrentes de sujidades que são desprendidas na máquina devido à ajustes ineficientes.

Definir da meta: tendo como base os dados apontados acima, a meta do projeto foi definida em redução de 70% do tempo programado para a troca e aumento de 5 pontos percentuais nos 3 dias consecutivos a troca de formato. A oportunidade de ganho de produção com o atendimento da meta é de 34 toneladas de goma por ano, levando em consideração o mesmo cenário do ano anterior.

Formar Equipe: Definida a perda foi dado sequência na formação da equipe, como pode ser observado na Figura 10 o time multifuncional foi composto por: operador, técnico em manutenção, supervisor e instrutor operacional. Posições como líder, coach, sponsor e Champion foram definidos também nessa etapa.

Figura 10: Time responsável pela implementação.



Fonte: Criado pelo Próprio Autor

Estabelecer Cronograma: Seguindo os a etapa de Definir do projeto foi estabelecido um cronograma preliminar do projeto que contempla todas as atividades necessária para realização do projeto, desde preparação até verificação dos resultados obtidos no trabalho de melhoria, os detalhes das atividades do cronograma podem ser observados na Tabela 3.

Tabela 4: Cronograma de realização SMED

Cronograma SMED												
Nome do projeto:												
Item	Atividade	Responsável	Status	Sem 3 11/jan	Sem 4 18/jan	Sem 5 25/jan	Sem 6 01/fev	Sem 10 29/fev	Sem 11 07/mar	Sem 12 14/mar	Sem 13 21/mar	
1	Passo 0 . Preparação do projeto											
1.1	Tema do projeto											
1.2	Time											
1.3	Análise de perdas											
1.4	Objetivo do projeto											
2	Passo 1. Documentar a realidade (registrar Setup)											
3	Passo 2. Separar atividades internas de externas											
4	Passo 3. Converter atividades internas em externas											
5	Passo 4. Simplificar as atividades externas e internas											
6	Passo 5. Padronizar novo método											
7	Passo 6. Desenvolver planos futuros											
8	Verificação de resultados											

Fonte: Próprio Autor

Realizado a etapa de preparação para a aplicação das técnicas SMED, é dada sequência na aplicação de acordo com os passos definidos no cronograma de realização como pode ser visto na Tabela 4.

3.2.2 Passo 1 – Documentar a realidade (registrar setup)

Seguindo as técnicas de Shingo (2008), no estágio inicial o primeiro passo foi estudar e documentar o método de trabalho atual, com foco nas atividades realizadas na troca de formato, para isso, foi realizada uma coleta de dados do *setup* na linha que será realizado o estudo de caso, essa coleta de dados servirá como base de dados para estudo da situação atual, a coleta de dados foi realizada em conjunto com os operadores responsáveis pela linha.

A coleta de dados consistiu em cronometragem do tempo total de *setup*, a tomada de tempos iniciou-se trinta minutos antes de se iniciar o *setup* da primeira máquina na linha de produção. No total, a equipe que realizou a coleta de dados permaneceu durante 325 minutos acompanhando a troca de formado da linha de produção. Ao final deste período, o primeiro produto bom em velocidade padrão da linha foi entregue com isso acreditava-se que a linha já possuía capacidade de produção estabilizada. Para a tabulação dos dados foi utilizado o auxílio do gráfico de *gantt* e dividido em 2 gráficos pois a atividade é realizada simultaneamente por dois técnicos em manutenção.

O resultado desta primeira cronometragem gerou a Tabela 5 e 6 que mostra o tempo interno total que os manutentores 1 e 2 utilizaram para fazer a troca, e para melhor entendimento e facilidade na exposição de dados as atividades foram agrupadas em grupos de atividades realizadas em cada máquina.

Tabela 5: Tempo de Atividade Interna Manutentor 1

Manutentor 1	Externo	Interno	Externo
Pré SetUP 4 Atividades 16 minutos			
LTM/LCM 18 Atividades 90 Minutos			
Reparos 2 Atividades 16 minutos			
PRB 9 Atividades 42 Minutos			
Comissionamento GW 1 Macroatividade 90 minutos			

Fonte: Criado pelo Próprio Autor

Tabela 6: Tempo de Atividade Interna Manutentor 2

Manutentor 2	Externo	Interno	Externo
Pré SetUP 4 Atividades 17 minutos			
LTM/LCM 19 Atividades 82 Minutos			
WKM 33 Atividades 52 Minutos			
Comissionamento GW 1 Macroatividade 97 minutos			

Fonte: Criado pelo Próprio Autor

Como pode ser evidenciado nas figuras não foi realizada nenhuma atividade externa tempo total de troca de formato foi de 257 minutos e foi necessário mais 55 minutos para realizar ajustes finais nas máquinas de produção para que fosse possível iniciar a produção em velocidade padrão, chegando num total de 312 minutos de troca efetiva. Vale ressaltar todavia, que mesmo após esses ajustes iniciais a linha ainda não volta com a eficiência de 75%, devido a diversos pontos que são ajustados com o decorrer do tempo.

Durante a coleta de dados foram levantados alguns pontos de oportunidade de melhoria como: Falta de procedimento detalhado de ordem de execução das tarefas, falta de ajuda visual, falta de pontos de específicos de ajustes, uso de especialistas durante o startup (necessidade de utilização de mão de obra dos técnicos de manutenção e operacional), e ajustes realizados após o *setup*. Todas essas oportunidades de melhorias são mapeadas em um plano de ação para propostas de melhorias.

A seqüência das atividades de troca segue a ordem lógica do fluxo do produto na linha de produção e está esquematizado na figura 11, nota-se que a primeira atividade “Pré Setup” recebeu esse nome, porém foi realizada dentro do tempo interno de *setup*, essa nomenclatura foi utilizada apenas para identificar que essas atividades serão transferidas para tempo externo posteriormente.

Figura 11 - Sequência de Troca de Formato



Fonte: Criado pelo próprio autor.

Deve-se ressaltar também que durante a troca de formato, apenas foi utilizado mão de obra técnica, os operadores da linha não receberam nenhuma tarefa durante o tempo de *setup*, portanto existia mão de obra operacional disponível na linha de produção.

3.2.3 Passo 2 - Separar atividades externas e internas

O segundo passo nesse caso foi o Estágio 2 elaborado por Shingo, que foi a análise de atividades externas, de acordo com Shingo (1985), deve-se pensar primeiramente em transformar atividades que são realizadas dentro do *setup* (interno) em atividades a serem realizadas fora do *setup* (externa), para isso encontrar meio e preparar condições para que operação realize essas atividades antes ou depois de se parar a máquina.

No estudo de caso que está sendo apresentado todas as atividades foram realizadas com a máquina parada, portanto de acordo com o autor as atividades são consideradas como internas.

Nessa etapa ainda foram levantadas as principais oportunidades de melhoria com relação a atividades internas/externas. As informações levantadas nessa fase serão analisadas no passo 3 para iniciar a conversão de atividades que foram realizadas dentro do *setup* em atividades externas.

Figura 12: Separação das Atividades Pré Setup



Fonte: Criado pelo próprio autor.

Como mostra a figura 12, as atividades relacionadas a pré *setup* foram classificadas como externa, o ganho referente a classificação dessa atividade é de 17 minutos, considerando o tempo utilizado na coleta de dados.

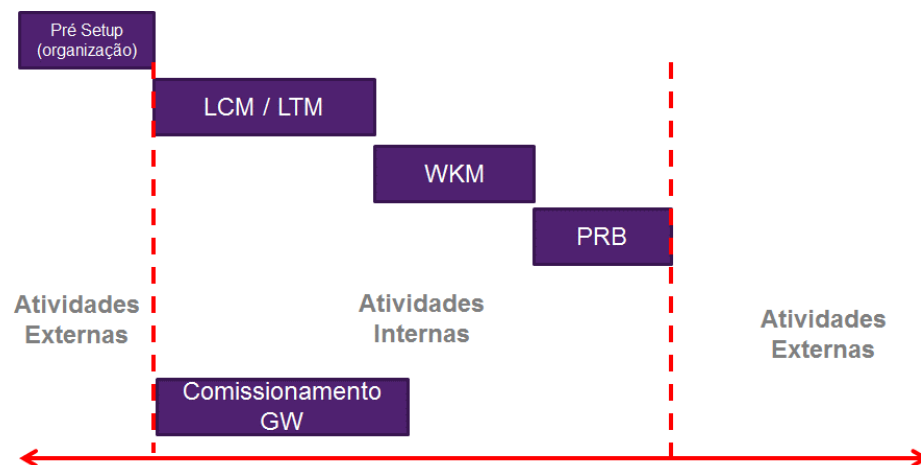
3.2.3 Passo 3 – Converter atividades internas em externas

Nesse estágio as atividades de preparação para a troca como: separação de ferramentas, gabaritos, matrizes e materiais de produção foram classificadas como atividades externas. Todas as oportunidades de melhoria que foram identificadas relacionadas a preparação para a troca foram registradas como folhas de Melhorias, utilizando as ferramentas do pilar de melhoria focada.

Foi criado também nesse estágio um *checklist* para inspeção das peças a serem utilizadas na troca de formato, para garantir que as mesmas estejam revisadas e em condições básicas de funcionamento.

Ainda nesse estágio, foi verificado que o “comissionamento da máquina GW” que se trata de realizar a limpeza da máquina de acordo com Padrão Provisório de Limpeza e testar o novo formato de goma a ser utilizado, que já é feito pela operação, estava sendo realizado após a troca a última máquina (PRB) e liberação dos manutentores, foi proposto então realizar essa atividade em paralelo com a troca de formato das máquinas gargalo LTM e LCM, ganhando com isso todo o tempo que essa atividade utilizada. Essa atividade é possível devido a disponibilidade de mão de obra operacional durante a troca de formato.

Figura 13: Otimização do Comissionamento da GW



Fonte: Criado pelo Próprio Autor

A figura 13 mostra, o momento proposto para realizar o comissionamento da máquina GW, de modo que essa atividade não impacte no retorno da linha.

O Ganho dessa atividade variou entre 90 e 97 minutos pois demandou tempo de 2 técnico para realizar esse comissionamento. Somando-se os ganho dos passos 1 ao 3 cerca de 106 minutos podem ser otimizados, apenas com a organização e procedimentação do *setup*.

3.2.5 Passo 4 – Simplificar atividades externas e Internas

Seguindo o Estágio três da metodologia de SMED definidos por Shingo, com a finalidade de Realizar esforços para a racionalização das operações de *setup* com o objetivo de reduzir o tempo de *setup* interno e de reduzir as falhas de *setup* externo, para isso foram analisadas as atividades para verificar oportunidades de melhoria. Para a realização desse passo da metodologia a ferramenta ECRS (eliminar, combinar, reduzir e simplificar) foi utilizada, todas as atividades (internas e externas) foram analisadas para verificar oportunidades de melhoria.

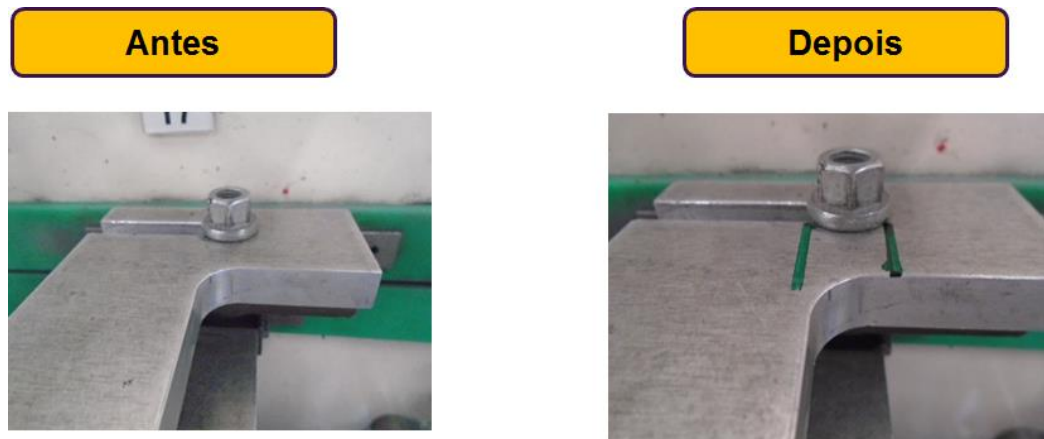
Seguindo a análise de *Setup* foi evidenciado que a complexidade das atividades realizadas na troca das máquinas WKM e PRB são consideradas baixas de acordo com a matriz de habilidades referente a máquina, então foi proposta a transferência dessas atividades para a operação, devido a disponibilidade de mão de obra durante a troca de formato, para tal foram utilizadas ferramentas de Manutenção Autônoma para realizar a transferência de atividades a operação, ferramentas como Lição de Um Ponto (LUP) e Matriz de Habilidades foram criadas para capacitação da operação na realização de atividades.

Atividades Eliminadas - Reparo do varão da LTM (16 minutos) atividade foi realizada pois o varão a ser utilizado no novo formato não estava em condições básicas de atuação (limpo, lubrificado e ajustado), essa atividade foi simplesmente eliminada com a criação de um checklist de inspeção de ferramentas e peças a serem utilizadas na troca.

Foi verificado que o comissionamento da máquina GW que se trata de realizar a limpeza da máquina de acordo com Padrão Provisório de Limpeza e testar o novo formato de goma a ser utilizado que já é feito pela operação pode ser combinado e realizado em paralelo a troca de formato da máquina LCM e LTM se for realizado uma melhoria no Inter travamento das máquinas que impossibilitava que uma máquina fosse ligada separada

Reduzir e Simplificar - Com a finalidade de reduzir o tempo de ajustes pós *setup*, pontos de centerline e poka yokes foram criados para simplificar e reduzir o tempo de troca e ajuste de todas as atividades da troca, esses pontos podem ser evidenciados nas Figura 14, 15 e 16 abaixo:

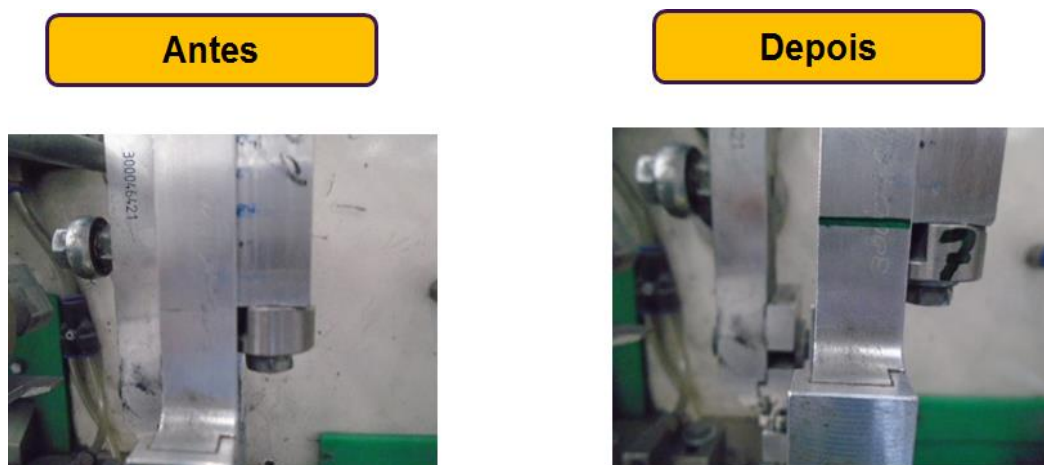
Figura 14 - Proposta de Centerline da mesa do conjunto celofane e fitilho



Fonte: Criado pelo Próprio autor

Na figura 15 podemos ver a proposta de criação de ponto de *centerline* para ajuste do produto 7S.

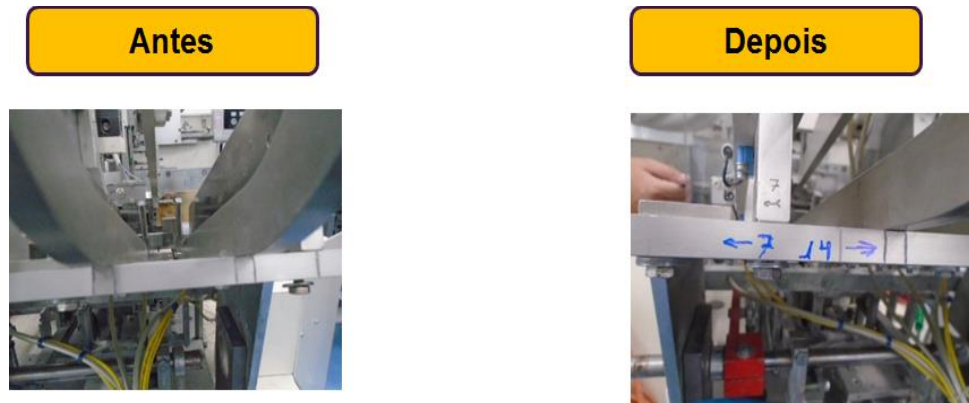
Figura 15 - Proposta de Centerline Elevador de carteira



Fonte: Criado pelo Próprio autor

Na figura 16 pode ser visto outros exemplos de criação de pontos de Centerline para ajuste dos produtos nos formatos 7S e 14S.

Figura 16 - Centerline Conjunto magazine de Carteiras



Fonte: Criado pelo Próprio autor

Foram apontadas no total 32 melhorias relacionadas a ajustes da máquina e comunicação visual, que foram implementadas. Porém, os ganhos ainda existe dificuldade na visualização dos ganhos em tempo, por serem atividades que simplificam o trabalho porém não eliminam as atividades.

Nessa etapa foi realizada uma avaliação das criticidades de troca, afim de reduzir atividades realizadas pelo manutentores através da transferência de conhecimentos para os operadores. Foi evidenciado o ajuste das máquinas WKM e PRB não dependem de mão de obra técnica, a maior parte das atividades que precisam ser realizadas para troca de formato são atividades de baixa complexidade, que consiste basicamente na troca de gabaritos.

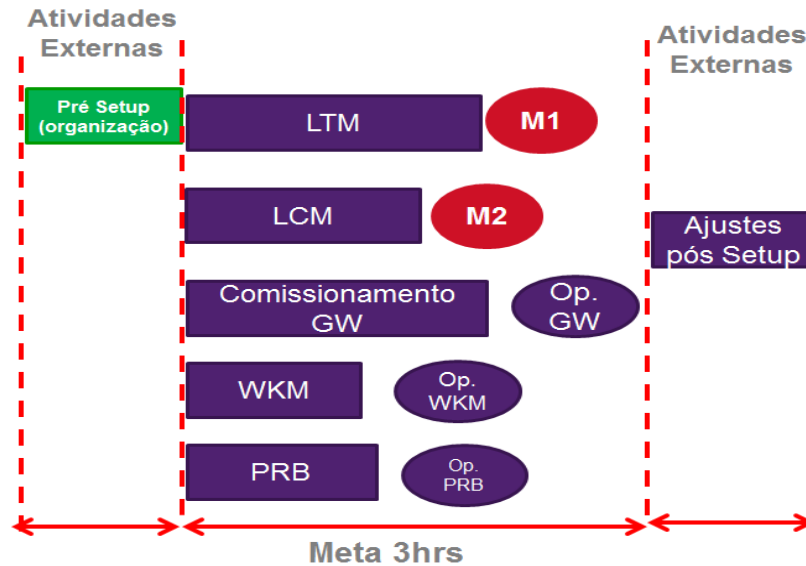
Com a transferência de conhecimentos para operação, é garantindo o cumprimento do 3º estágio da aplicação de SMED definido por Shingo (2008) que é a racionalização de todos dos aspectos da operação de *setup*.

A proposta para a troca de formato será como mostra a figura 17 logo abaixo. Nessa figura é possível observar a ordem cronologia com que cada atividade será realizada.

A atividade de pré *setup* é realizada por todos os participantes da troca, e em sequencia, cada integrante tem uma função especifica dentro da troca. M1 é o manutentor 1 responsável pela troca da LTM, M2 é o manutentor responsável pela troca da LCM, Op GW é o operador

responsável pelo comissionamento da GW, Op WKM é o operador responsável pela troca da WKM e Op PRB é o responsável pela troca da PRB.

Figura 17: Proposta de Troca de Formato



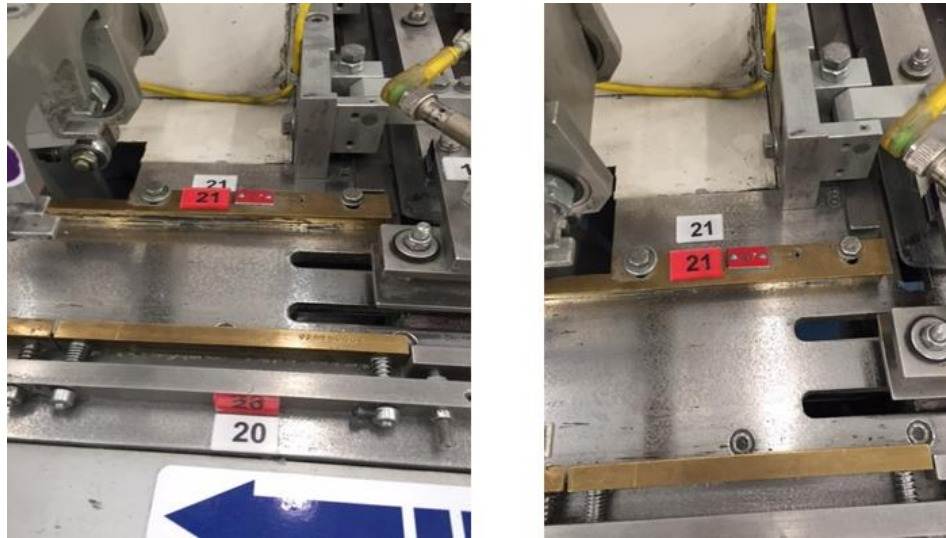
Fonte: Criado pelo Próprio Autor

Essa estrutura para troca de formato tem como gargalo, o comissionamento da máquina GW, que é a atividade que é finalizada por últimos, porém mesmo com essa atividade gargalo o tempo planejado e proposto é de 90 minutos.

Com a utilização dessa proposta é possível sair de um cenário de troca de 264 minutos para 90 minutos. Porém devido à complexidade dos ajustes feitos nas máquinas LTM e LCM será programado também um tempo 90 minutos para ajustes iniciais, onde será admitido um aumento gradativo da velocidade da máquina até que chegue na velocidade padrão.

Ainda pensando em reduzir o tempo de *setup* interno e simplificar a operação de troca de formato, as peças foram padronizadas com uma numeração relativa a ordem em que a mesma deve ser trocada. Foram padronizadas por cores referentes ao formato que são utilizadas. Identificações azuis serão utilizadas para o formato 7S e identificação vermelhas serão utilizadas para o formato 14S, nas Figuras 18 e 19, é possível ver alguns exemplos de identificações de foram feitas para reduzir e simplificar o tempo de troca.

Figura 18: Exemplo de Padronização das Peças



Fonte: Criado pelo Próprio Autor

Figura 19: Exemplo de Padrão de Ajuste



Fonte: Criado pelo Próprio Autor

3.2.6 Passo 5 – Padronizar novo método.

Com a finalidade de garantir a troca de formato seja feita de maneira consistente e sustentável ao decorrer do tempo, foram criados procedimentos de troca para todos os operadores e manutentores envolvidos na troca de formato. Esse procedimento mostra o passo a passo para a realização da troca de maneira simples, de fácil compreensão e seguindo uma maneira lógica e otimizada para a realização da troca. Esses procedimentos mostram as atividades a serem realizadas e o tempo que deve ser dedicado a realização das atividades, servindo como um baseline para implementação de melhorias.

Foram seguidos alguns princípios de *Lean Manufacturing* que foi de facilitar o acesso a informação e de forma visual para evitar desperdícios. As tabelas 7 e 8 mostram o procedimento que foi feito para os manutentores 1 e 2.

Para a mão de obra ociosa que existia dos operadores da linha de produção, foram criados procedimentos de troca para as máquinas com baixa complexidade, a máquina WKM e a máquina PRB, as Tabelas 9 e 10 mostram as atividades que foram transferidas para a operação.

PROCEDIMENTO DO SETUP - Manutentor 1		
N	Atividades	Tempo
Atividades Externas		
1	Buscar peças para realizar troca	10
2	Organizar as peças a serem trocadas por equipamento	10
3	Realizar Check List de Peças/Ferramentas/EPI a ser utilizado para troca de formato	10
4	Realizar Check List de Revisão de Conjuntos	10
Atividades Internas		
1	LTM - Troca do Conjunto do Elevador (1,2,3,4,5,6,7,8)	14
2	LTM - Troca do varão do Elevador	2
3	1 - LTM - Ajuste magazine e guias de Carteira (10)	2
4	LTM - Cont. desmontagem magazine e guias de carteira LTM	11
5	LTM - Troca de Guias do cartão (9)	4
6	LCM - Troca de posição do sensor pós roda (19)	1
7	LCM - Troca das guias laterais (20)	2
8	LCM - Troca de posição da guia de apoio (21)	1
9	LCM - Troca do Empurrador de Carteira (22)	2
10	LCM - Troca de posição da Prensa (23)	1
11	LCM - Troca das guias de dobra (24)	3
12	LCM - Troca de altura das correias de Transporte (25)	1
13	LCM - Ajuste de Posição do Conjunto Celofane (26)	2
14	LCM - Troca das Guias Laterais (20)	4
15	LCM - Troca do Varão e mudança de posição (parte de Traz da LCM)	3
16	LCM - Mudança de posição do conjunto Celofane (27)	2
17	LCM - Ajuste de Corte do Fitolho/Varão	5
18	LCM - Trocar varão	2
19	Mudar de formato no IHM	1
20	Liberar equipamento Para ajustes iniciais	5
Atividades Externas		
1	Organizar ferramentas na caixa de ferramentas	10
2	Guardar Equipamento de Proteção Individual	5
3	Acompanhar inicio de Linha	15

Fonte: Criado pelo Próprio Autor

Tabela 8 - Procedimento Manutentor 2

PROCEDIMENTO DO SETUP - Manutentor 2		
Nº	Atividades	Tempo
Atividades Externas		
1	Realizar Check List de Peças/Ferramentas/EPI a ser utilizado para troca de formato	10
2	Realizar Check List de Revisão de Conjuntos	10
Atividades Internas		
1	LTM - Retirada dos parafusos da porta para troca CAME(posição) LTM	1
2	LTM - Inicio troca CAME (posição) (11)	7
3	LTM - Colocação dos parafusos da porta CAME	1
4	LTM - Troca do Conjunto de Guias de apoio	1
5	LTM - Retirada guia central do transportador junção LTM	1
6	LTM - Retirada do transportador conj. Junção do formato 7's LTM	0,4
7	LTM - Instalação do transportador conj junção do formato 14's LTM	1
8	LTM - Instalação guia central da junção do formato 14's LTM	2
9	LTM - Troca transportador da saída virador LTM (12)	4
10	LTM Retirada transportador carteira LTM (13)	1
11	LTM - Retirada guia lateral transportador carteiras LTM	1
12	LTM - Fixação guia lateral transportador carteira LTM	1
13	LTM - Instalação guia lateral da junção do formato 14's LTM	0,15
14	LTM - Troca da guia de apoio de duas camada	0,37
15	LTM - Instalação guia lateral do transportador junção formato 14's	1
16	LTM - Instalação da guia de apoio de duas camada	1
17	LTM - Ajuste da Roda de Transferencia	6
18	Liberar equipamento Para ajustes iniciais	5
Atividades Externas		
1	Organizar ferramentas na caixa de ferramentas	10
2	Guardar Equipamento de Proteção Individual	5
3	Acompanhar inicio de Linha	15

Fonte: Criado pelo Próprio Autor

Tabela 9: Procedimento Operador WKM

PROCEDIMENTO DO SETUP - Operador WKM		
Nº	Atividades	TEMPO
Atividades Externas		
1	Buscar peças para realizar troca	10
2	Organizar as peças a serem trocadas por equipamento	10
3	Buscar material de embalagem do próximo formato	10
Atividades Internas		
1	WKM - Troca da guia de apoio	5
2	WKM - Troca da Peça 28	2
3	WKM - Troca da Peça 27	3
4	WKM - Troca do Conjunto Empurrador	9
5	WKM - Troca do Limitador de camada	2
6	WKM - Instalação do contra elevador de camada	1
7	WKM - Troca do varão interno	7
8	WKM - Troca da caixa formadora	3
9	WKM - Troca Limitador de camada do Magazine	2
10	WKM -Retirada proteção acrílico para ajuste magazine de cartão	2
11	WKM -Ajuste na guia apoio display	1
12	WKM -Ajuste nas guias laterais do empurrador carteiras	1
13	WKM -Troca empurrador de cartão	2
14	WKM -Ajuste no posicionamento dos bicos de cola	1
15	WKM -Instalação das proteções de acrílico magazine de cartão	4
Atividades Externas		
1	Testar máquina	10
2	Guardar peças no armário para próxima troca.	10
3	Organizar setor.	10

Fonte: Criado pelo Próprio Autor

Tabela 10: Procedimento Operador PRB

PROCEDIMENTO DO SETUP - Operador PRB		
Nº	Atividades	TEMPO
Atividades Externas		
1	Buscar peças para realizar troca	10
2	Organizar as peças a serem trocadas por equipamento	10
3	Buscar material de embalagem do próximo formato	10
Atividades Internas		
1	Bloquear PRB - LOTO	1
2	PRB - Ajuste de Guia de Entrada PRB	3
3	PRB - Troca do empurrador de display	3
4	PRB - Troca das guias laterais do Empurrador de Display	7
5	PRB - Troca da caixa	4
6	PRB - Ajustar peças	12
7	PRB - Troca da Caixa	7
8	PRB - Troca da Engrenagem	4
9	Retirar Bloquio LOTO	1
Atividades Externas		
1	Testar máquina	10
2	Guardar peças no armário para próxima troca.	10
3	Organizar setor.	10

Fonte: Criado pelo Próprio Autor

A estratégia utilizada para a realização desse procedimento foi continuar com a mão de obra técnicas para as máquinas com maior complexidade e realizar a transferência de conhecimento das máquinas de baixa complexidade para os operadores. Isso é possível devido a linha que está sendo estudada estar no Passo 3 de manutenção autônoma, o que significa que a mão de obra já está capacitada em realizar limpezas, inspeções e lubrificações da máquina e estão aptas a receber conhecimentos técnicos.

Esse novo procedimento tem por finalidade facilitar a preparação para troca e é adota como padrão de trabalho e são realizadas auditorias nas trocas para verificar a correta aplicação do mesmo.

O treinamento da operação e manutenção nesse novo procedimento ocorreu de forma gradativa conforme a ferramenta estava sendo elaborada, os padrões adotados foram discutidos com todos os envolvidos, para que todas as propostas de melhorias fossem aproveitadas.

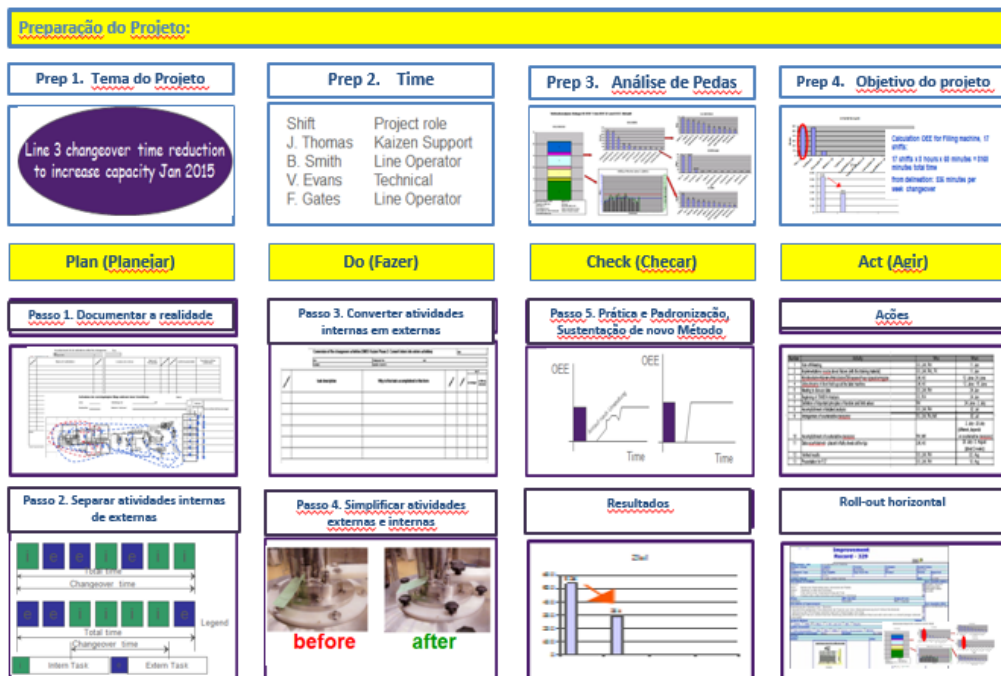
3.2.7 Passo 6 – Planos futuros.

Nessa etapa serão apresentados os planos que foram sugeridos durante a execução do trabalho, para que os resultados entregues sejam mantidos de maneira sustentável ao longo do tempo e sirvam como base para melhoria contínua dos processos da linha estudada.

3.2.7.1 Instalação de Quadro de Gestão visual para evolução do tempo de troca

Foi criado um modelo de quadro para gestão da evolução do tempo de troca de formato e disponibilizado a operação. O objetivo é deixar a informação sobre a aplicação da técnica SMED, a etapa de preparação, o time envolvido o cenário anterior e a evolução do tempo de *setup*, disponível na linha em que a ferramenta foi aplicada, estimulando o engajamento do time, e com isso buscar a melhoria contínua do *setup* da máquina. O quadro deve ser uma ferramenta ativa e preenchido pelos próprios operadores que é um conceito chave do sistema *Lean* de produção, o quadro pode ser observado na figura 20.

Figura 20: Quadro para gestão do Projeto



Fonte: Material de Treinamento SMED da Empresa Estudada.

A Figura 20 mostra uma proposta de quadro que será disponibilizado para realização de apresentações do projeto para visitas e auditorias internas de *Lean Six Sigma* dentro da linha estudada.

3.2.7.2 Controle dos Indicadores

Todas as ferramentas aplicadas foram conectadas com as ferramentas já utilizadas em manutenção autônoma e os principais API (Indicadores de Performance de Atividades), foram cascadeados para as reuniões de rotina para garantir que os resultados das trocas sejam acompanhados diariamente e sejam tomadas contramedidas necessárias em casos de desvios na entrega dos indicadores da linha de produção.

4 VERIFICAÇÃO DE GANHOS

Nesse capítulo será mostrado as perspectivas de ganhos potenciais e os resultados evidenciados, tanto aspectos positivos quanto negativos que trouxeram impacto significativo ao projeto. Vale ressaltar que estão sendo considerados tanto ganhos tangíveis (Produtividade e Performance) quanto intangíveis (Capacitação, engajamento e envisionamento do time).

4.1 Ganhos Potenciais

Os ganhos do projeto serão evidenciados através da redução do tempo efetivo de troca, e estabilidade da linha após finalização do SMED. Se comparar a proposta com o tempo de 600 minutos que era planejado inicialmente, existe a possibilidade de redução de 70% do tempo planejado para a troca, caso seja comparado com o tempo efetivo de troca existe uma redução de 42,30%.

Todos os ganhos com eficiência e redução do tempo de troca que forem efetivados na linha e gerar a produção de volume adicional, serão capturados como produtividade direta para a unidade.

4.2 Resultados Positivos

Os ganhos da aplicação do SMED foram evidenciados baseados na troca seguinte a implementação das melhorias proposta no projeto, devido a periodicidade da troca foi possível acompanhar apenas uma troca de formato seguindo os padrões propostos no estudo de caso.

Para a realização da troca de formato, o time que seria responsável por realizar a troca de formato foi treinado nas semanas anterior à troca, para garantir a execução do procedimento de troca.

A troca de formato iniciou-se as 07h00min e todos os procedimentos já haviam sido finalizados as 09:22, esse atraso se deve ao ajuste do conjunto arrastador da LCM, esse ponto não foi capturado na troca de formato em que aconteceu a cronoanálise, portanto não foi mapeado e procedimentado. Às 09h22min a máquina produziu o primeiro produto bom, porém com velocidade ainda abaixo do padrão. Durante o aumento da velocidade da máquina ocorreu uma quebra que acarretou em mais 58 minutos de máquina parada, essa quebra foi analisada utilizando Análise de Causa Raiz (ACR) e foi identificado que a causa raiz da quebra foi a vida

útil de um rolamento, como contramedida foi inserido no sistema de controle de manutenção a periodicidade da troca desse rolamento.

Foi realizada a verificação da eficácia do projeto e evidenciado que a o tempo de troca formato de reduziu de 4h17min para 3h20min, considerando os impactos negativos gerados por ajustes e quebras. No entanto o resultado obtido gerou ganhos de produtividade direta para a organização. Essa produtividade foi medida em ganhos na entrega de eficiência da máquina na volta de *setup*.

Tendo em vista que a quebra não estava relacionada com a troca e sim com a vida útil de um rolamento, existe ainda uma possibilidade de melhora na troca de formato com a nova procedimentação.

Não foi possível evidenciar os ganhos de eficiência com o retorno da troca de formato, pois no dia seguinte a troca a linha estava programada para realizar manutenção preventiva, inviabilizando a coleta de dados pós troca de formato.

O resultado obtido nessa troca viabiliza uma das metas do projeto que é a redução do tempo programado para troca para as 3 horas que foi definida como meta.

Além dos ganhos tangíveis como a redução do tempo programado para a troca de 10 horas para 3 horas, e do aumento de eficiência no retorno da troca, outros ganhos também foram considerados, os ganhos intangíveis.

É possível citar como ganhos intangíveis a criação de um padrão de trabalho, que seriam os procedimentos de troca, esses procedimentos servem como base para melhoria contínua, facilita a execução da tarefa e mostra a melhor maneira de se fazer a troca atualmente, deve ser revisto nos próximos ciclos de aplicação do método com a finalidade de reduzir e otimizar tanto as atividades internas quanto externas.

A transferência de conhecimento e atividades técnicas para operação também deve ser destacada, uma vez que é uma fábrica em TPM e uma linha que está em passo 3 de manutenção autônoma. Essa transferência capacita o operador, elevando o nível de engajamento do time e senso de propriedade sobre a máquina, gerando a constante melhora nos resultados das linhas.

De uma forma geral, é possível dizer que os resultados atingidos são resultados sustentáveis, e que trarão não somente resultados financeiros, mas também de engajamento e moral entre os colaboradores, tendo em vista que a fábrica possui um programa de excelência operacional voltado a capacitação e engajamento de pessoas para entrega de resultados, as entregas da aplicação de SMED estão totalmente alinhadas com a necessidades da organização.

4.3 Aspectos Negativos

Os resultados positivos conquistados na aplicação do método foram extremamente satisfatórios tanto para o autor quanto para os resultados e expectativas do negócio, porém no decorrer do trabalho foram evidenciados algumas lacunas, na aplicação da técnica e também relacionadas ao ambiente externo que resultaram em alguns resultados indesejáveis.

Durante a realização do trabalho existiu grande dificuldade relacionada a participação da equipe na execução das atividades propostas para melhoria da troca de formato, desde coleta de dados até implementação do plano de ação. Foi evidenciado que esse problema aconteceu devido a rotina da equipe nas atividades da fábrica, a equipe era formada por pessoas com atribuições chave na rotina da fábrica. Para tratar esse ponto a participação da equipe foi acordada com o gerente da seção, porém isso trouxe atraso na execução das atividades, comprometendo o cronograma de execução do projeto.

Existiu também um fator externo com grande impacto na execução do projeto, que foi um acentuado aumento na demanda de um dos produtos (14S), comprometendo o calendário de troca previsto no início da aplicação do método. Por ser um fator externo, a fábrica não teve atuação sobre o mesmo.

Um problema técnico aconteceu também na troca de formato, que foi a quebra de um componente de acionamento de uma das máquinas, que acabou gerando um atraso geral da troca de formato estudada, para a quebra em questão foi aberto uma Análise de Quebra (AQ), na qual foi investigada a causa raiz que motivou a quebra, nesse caso foi evidenciado que foi o tempo de vida útil do componente que excedeu o limite estipulado pelo fabricante, o manual do equipamento prevê que a troca do componente deve ser realizada a cada 5 anos e o mesmo estava na máquina já a 6 anos.

Existiu também uma dificuldade no ajuste da máquina pós troca, onde aconteceram ajustes que não tinham sido mapeados antes, devido a esse ajuste ser realizado apenas na troca de 14S para 7S, nas coletas de dados, para esses pontos, foi revisto os pontos de ajustes de toda a máquina seguindo a ferramenta de *Centerline* e esses pontos foram incluídos para que possam ser verificados com uma rotina pré-estabelecida.

Ocorreu também uma dificuldade relacionada a programação da máquina para execução de manutenção preventiva no dia seguinte à troca, trazendo uma dificuldade de verificação dos ganhos de eficiência do projeto.

Todos as dificuldades levantadas nesse capítulo foram anotadas, discutidas e levadas como aprendizado para aplicações futuras do método, apesar dos pontos abordados terem impactado negativamente, o resultado entregue foi de forma geral, de acordo com o esperado.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que esse trabalho atuou de maneira estratégica atingindo as necessidades da organização, os ganhos gerados com a aplicação da teoria estudada, permite que a empresa melhore o atendimento a demanda do consumidor, fortalecendo mais uma vez o pensamento *Lean*.

Os resultados do estudo de caso apresentado aqui, possibilitam perceber que a literatura não é elucidativa sobre as dificuldades que são encontradas no decorrer da aplicação da teoria estudada. Os resultados apontados indicam que a aplicação prática de SMED em um ambiente industrial é um grande desafio devido o dinamismo ao qual esse ambiente está inserido. Uma análise minuciosa deve ser realizada quanto aos aspectos internos a organização e também externos, para mitigar ao máximo o impacto nas estratégias de implementação dos projetos.

Os resultados apresentados anteriormente, evidenciam também o ganho advindo da aplicação das técnicas de SMED. Essa redução do tempo de troca permite a implementação de outras ferramentas tanto de *Lean Manufacturing* quanto *Six Sigma* na busca constante por um ambiente livre de variações e desperdícios.

Em suma, o trabalho teve um resultado excelente, alinhado com as estratégias da organização, por trazer benefícios para pessoas e processos, aumentando o engajamento e emponderamento do time, que servirá como base para atingimento de ótimos resultados, e de uma maneira sustentável, atingindo os objetivos propostos no início do trabalho.

REFERÊNCIAS

Behara, Ravi S, Fontenot, Gwen F e Gresham, Alicia. **Customer satisfaction measurement and analysis using six sigma**. s.l. : International Journal of Quality & Reliability Management, 1984. 0265-671X.

CARVALHO, Marly M e PALADINI, Edson P. **Gestão da Qualidade**. Editora Campus, 2006.

HARRY, Mikel e SCHROEDER, Richard. **The Breakthrough Management Strategy**. s.l. : Soundview Executive Book Summaries, 2000.

HINES, Peter e TAYLOR, David. **Going Lean: A guide to implementation**. Cardiff, UK : Lean Enterprise Research Center, 2000.

LIKER, Jeffrey K. **O Modelo Toyota**. Porto Alegre, RS : Editora Artmed, 2005.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção - Além da Produção em Larga Escala**. s.l. : Bookman, 1997.

ROTHER, Mike e SHOOK, John. **APRENDENDO A ENXERGAR** -. Brookline : Lean Institute Brasil, 2003.

ROTONDARO, Roberto G. 2002. **Seis Sigma Estrategia Gerencial para Melhora de Processos Produtos**. s.l. : Atlas, 2002.

SANTOS, Adriana Barbosa. 2006. **Modelo de Referencia Para Estruturar o Programa de Qualidade Seis Sigma: Proposta e Avaliação**. 2006.

SHINGO, Shigeo. 2000. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System.** *Productivity Journal*. 2000, Vol. 50.

SHINGO, Shigeo. 2008. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: Uma Revolução nos Sistemas Produtivos.** Porto Alegre : Bookman, 2008.

UsmanTariq, Muhammad. 2013. **A Six Sigma based risk management framework for handling undesired effects associated with delays in project completion.** *International Journal of Lean Six Sigma*. 2013, pp. 265-279.

WELCH, Jack. **Six Sigma Leaders.** *Quality*. 3, 2005, Vol. 44.

WERKEMA, Cristina. **Criando a Cultura Seis Sigma.** s.l. : WERKEMA Editora, 2004.

WERKEMA, Maria Cristina Catarino. **Lean Seis Sigma - Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing.** Belo Horizonte : Werkema Editora, 2006.

WOMACK, James P and JONES, Daniel T. **Lean Thinking Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation.** New York : FREE PRESS, 1996.

WOMACK, James P., JONES, Daniel T. e ROSS, Daniel. **A Máquina que Mudou o Mundo.** s.l. : Campus, 1992.