

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

JULIEN CHRISTIAN BRUNO GRIMMELPREZ

Aplicação de SMED e *Lean Manufacturing* na redução do tempo de *setup* de
máquina

São Carlos

2019

JULIEN CHRISTIAN BRUNO GRIMMELPREZ

Aplicação de SMED e *Lean Manufacturing* na redução do tempo de *setup* de
máquina

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção, da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Francisco Esposto

São Carlos

2019

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

Ga	<p>Grimmelprez, Julien Aplicação de SMED e Lean Manufacturing na redução do tempo de setup de máquina / Julien Grimmelprez; orientador Kleber Esposto. São Carlos, 2019.</p> <p>Monografia (Graduação em Engenharia de Produção Mecânica) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2019.</p> <p>1. SMED. 2. Produção Enxuta. 3. Mapa do Fluxo de Valor. 4. 5S. I. Título.</p>
----	--

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidato: Julien Christian Bruno Grimmelprez
Título do TCC: Aplicação do <i>SMED</i> e de <i>Lean Manufacturing</i> na Redução do Tempo de <i>Setup</i> de Máquina
Data de defesa: 19/11/2019

Comissão Julgadora	Resultado
Professor Doutor Kleber Francisco Esposto (orientador)	APROVADO
Instituição: EESC - SEP	
Professor Titular Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti	APROVADO
Instituição: EESC - SEP	
Pesquisador Lucas Daniel Del Rosso Calache	APROVADO
Instituição: EESC - SEP	

Presidente da Banca: **Professor Titular Luiz Cesar Ribeiro Carpinetti**

RESUMO

GRIMMELPREZ, J. C. B. *Aplicação de SMED e Lean Manufacturing na redução do tempo de setup de uma máquina*. 78p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2019

Diante a alta competitividade do mercado atual, as ferramentas de *Lean Manufacturing* vêm adquirindo cada vez maior importância na obtenção de vantagem competitiva para as empresas, através da melhoria da produtividade e redução de desperdícios no ambiente produtivo. Entretanto, a compreensão e aplicação destas ferramentas para a geração de ganhos sustentáveis e de longo prazo tornou-se um grande desafio para os diretores das organizações, os quais se deparam com obstáculos como dificuldade em coleta e padronização de dados e falta de mão de obra dedicada para aplicação das ferramentas de Lean Manufacturing. Portanto, diversos estudos sugerem que a aplicação de tais ferramentas é de essencial importância às empresas, sendo imprescindível para o ganho de produtividade e a redução de desperdícios necessários para se manter competitivo no mercado atual. Este estudo tem como o objetivo explorar a importância de tais ferramentas, especialmente o SMED (*Single Minute Exchange of Die*) para o ganho de competitividade através da redução do tempo de Setup de uma cortadeira em uma célula de produção de uma empresa de fitas adesivas para fraldas. De fato, os resultados mostram que a ferramenta SMED alinhada com implementação do uso de outras ferramentas do Lean Manufacturing como 5S e Mapa de Fluxo de Valor foi de grande valor para a empresa, obtendo resultados de mais de 40% na redução de tempo de setup da máquina em questão.

Palavras chave: SMED, Produção Enxuta, Mapa do Fluxo de Valor, 5S.

ABSTRACT

GRIMMELPREZ, J. C. B. *Application of SMED and Lean Manufacturing in reducing the setup time of a machine*. 78p. Monography (Graduation Conclusion Thesis) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2019

Given the high competitiveness of today's market, *Lean Manufacturing* tools are becoming increasingly important for companies in their pursuit of competitive advantage, aiming to increase productivity and reduce waste in their productive processes. However, understanding and applying these tools for sustainable and long-term value has become a major challenge for the directors of organizations, facing obstacles such as difficulty to collect data and lack of a dedicated workforce for the application of Lean Manufacturing tools. Therefore, several studies suggest that the application of these tools is essential for companies, being essential for gains in productivity and reduction of waste necessary to maintain a company competitive in the current market. This study aims to explore the importance of these tools, especially Single Minute Exchange of Die (SMED), to achieve performance gains and reduce the time to install a cutter in a production cell of a diaper adhesive company. In fact, the results show that the SMED tool in line with the implementation of other Lean Manufacturing tools, such as 5S and Value Stream Map was of great value to a company, achieving results of 40% set-up time reduction.

Key words: SMED, Lean Manufacturing, Value Stream Map, 5S.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01: Casa do TPS (Toyota Production System).....	22
Figura 02: História da produção.....	23
Figura 03: Os cinco princípios do Lean Manufacturing.....	24
Figura 04: Produção empurrada vs. Produção puxada.....	26
Figura 05: Agregação de valor em atividade.....	29
Figura 06: Os três tipos de atividades.....	30
Figura 07: Exemplo de Mapa do Fluxo de Valor da situação atual.....	36
Figura 08: Símbolos utilizados no mapeamento.....	36
Figura 09: Exemplo de Mapa do Fluxo de Valor da situação futura.....	38
Figura 10: Conceito de 5S segundo Osada.....	39
Figura 11: Definição e exemplos de setup.....	43
Figura 12: perda de produção decorrente de setup.....	44
Figura 13: consequências geradas por altos tempos de setup.....	45
Figura 14: consequências geradas por baixos tempos de setup.....	45
Figura 15: estágios da aplicação do SMED.....	47
Figura 16: Procedimento de cálculo do OEE.....	51
Figura 17: MFV da situação atual.....	54
Figura 18: Diagrama de Ishikawa do problema de OEE.....	56
Figura 19: Fotografia da entrada da Cortadeira 02.....	57
Figura 20: Fotografia da saída da Cortadeira 02.....	58
Figura 21: Desenho técnico do Chuck.....	59
Figura 22: Fotografia da composição das bobinas de saída da Cortadeira 02.....	59
Figura 23: Desenho técnico dos novos espaçadores.....	64

Figura 24: IT do setup para OP do tipo FT 100 sem fita.....	65
Figura 25: IT do setup para OP do tipo FT 100 com fita.....	65
Figura 26: Fotografia das novas IT's no computador de mesa.....	66
Figura 27: Fotografia do carrinho com as ferramentas de setup.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Conceito dos pilares do 5S nos ambientes produtivos.....	40
Tabela 02: Estágios conceituais do SMED e técnicas associadas.....	49
Tabela 03: As seis grandes perdas de eficiência.....	50
Tabela 04: Desdobramento dos indicadores de OEE em 2016.....	55
Tabela 05: Horas improdutivas da Cortadeira 02 em 2016.....	56
Tabela 06: Check-list do setup da Cortadeira 02 com tempos.....	61
Tabela 07: Nova medição dos tempos de setup da Cortadeira 02.....	68
Tabela 08: Horas improdutivas da Cortadeira 02 em 2017.....	69
Tabela 09: Desdobramento dos indicadores de OEE em 2017.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AV	Atividades que Agregam Valor
FIFO	Produção Puxada
IT	Instrução de Trabalho
JIT	Just in Time
KPI	Key Performance Indicator
MFV	Mapa do Fluxo de Valor
NAV	Atividades que Não Agregam Valor
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OP	Ordem de Produção
PCP	Programação e Controle da Produção
PPM	Parte Por Milhão
SMED	Single Minute Exchange of Die
T/C	Tempo de Ciclo
TPS	Toyota Production System
TPM	Total Productive Maintenance
TQC	Total Quality Control
TQM	Total Quality Management
WIP	Work In Progress

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Contextualização.....	17
1.2. Objetivo.....	18
1.3. Método de Pesquisa.....	18
1.4. Estrutura do Trabalho.....	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
2.1.Introdução ao Lean Manufacturing.....	21
2.2.Princípios e Conceitos do Lean Manufacturing.....	24
2.2.1. Os Cinco Princípios do Lean Manufacturing.....	24
2.2.2. Os 14 princípios da Toyota.....	26
2.2.3. Atividades que Agregam Valor ou Não	29
2.2.4. Os Oito Desperdícios.....	30
2.2.5. Mapa de Fluxo de Valor.....	32
2.2.5.1.Lead Time, Takt Time e Tempo de Ciclo (T/C).....	32
2.2.5.2.Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor.....	34
2.2.5.3.Mapa do Fluxo de Valor da Situação Atual.....	34
2.2.5.4.Mapa do Fluxo de Valor da Situação Futura.....	37
2.2.6. 5S.....	38
2.3.SMED – Técnicas de Redução de Tempos de Setup.....	41
2.3.1. Introdução ao SMED.....	41
2.3.2. Alta Variedade de Produtos e Lotes Pequenos.....	42
2.3.3. Cronometragem e Padronização do Trabalho.....	46
2.3.4. Estágios de Aplicação do SMED.....	47
2.3.5. OEE e Ganhos Obtidos com o SMED.....	49
2.3.6. Análise Crítica do SMED.....	51
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
3.1.Contextualização da Empresa e de Seus Processos Produtivos.....	53
3.2.Contextualização da Máquina Cortadeira 02.....	55
3.3.Aplicação do SMED.....	60
3.4.Resultados e Valor obtido para a Empresa.....	68
4. CONCLUSÕES.....	73
5. REFERÊNCIAS.....	75

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização

O mercado atual é cada vez mais caracterizado por competitividade e altos níveis de produtividade entre as empresas. Aquelas que não conseguem se adequar às práticas modernas de produção como *Lean Manufacturing* e de redução de desperdícios perdem vantagem competitiva e veem seus custos crescerem de maneira mais elevada do que a concorrência, ficando para trás. Em algumas indústrias, como a de fita adesiva para fraldas, a produção é feita sobre encomenda do cliente e há diversos produtos diferentes, sendo mais evidente a necessidade de as fábricas responderem mais rapidamente a essa variação nas especificações dos produtos.

Na indústria de fitas adesivas para fraldas, como a maioria dos produtos são produzidos diretamente para clientes que tem especificações (fraldas) diferentes, se torna necessário a produção de diversos lotes menores onde cada lote conta com suas especificações de produto diferente. Nesse contexto, é necessário de que a empresa consiga responder bem às diferentes demandas do mercado e produzir diversos lotes de produto diferentes em um curto espaço de tempo. Assim, é imprescindível que as empresas saibam como responder a essas diferentes demandas através de diferentes setups de máquina, e que consiga realizar as trocas de *setups* de máquina de maneira rápida e ágil, a fim de reduzir o tempo de máquina parada, que se qualifica como espera (tempo sem trabalho), um dos 8 desperdícios do sistema produtivo que não agregam valor, segundo Liker (2005).

Tendo em vista esta grande variedade de produtos (no estudo de caso realizado, eram feitos mais de 5 *setups* por dia na linha de produção estudada da empresa, com tempo médio de 01 hora por *setup*) em conjunto com a demanda por respostas rápidas pela empresa, se torna necessária o constante aumento de produtividade a partir de tempos de setups menores e um planejamento e controle eficiente da produção. Para tal fim, é imprescindível a adoção de técnicas para redução e eliminação de desperdícios, como o SMED (*Single Minute Exchange of Die*), o 5s, e o mapeamento do fluxo de valor da empresa.

Neste estudo de caso será apresentado e discutido o impacto do uso destas ferramentas do chamado *Lean Manufacturing* em uma empresa de médio porte do setor químico e da indústria de fitas adesivas para fraldas, localizada na região de Valinhos-SP, que enfrenta grande variedade de demanda de produtos com especificações diferentes, inserida em um mercado altamente competitivo e movida pela redução de custos para obtenção de vantagem competitiva.

Tais ferramentas foram utilizadas para a redução do tempo de *setup* de uma máquina cortadeira crítica no chão de fábrica da empresa em questão. A máquina cortadeira tem o

papel de cortar um rolo de fita adesiva de largura de 2,01 metros em diversos rolos de larguras diferentes, sendo essa dimensão a especificação divergente dentre os diferentes lotes de produção. As ordens de produção mais recorrentes para a empresa são os FT 100, o FT 160, FT 200, FT 220-110, FT 300-100, entre outros, onde o número em questão indica a largura dos rolos de fitas adesivas produzidos, em milímetros.

1.2. Objetivo

Considerando o contexto da indústria em que essa empresa se encontra, o objetivo principal deste estudo de caso é identificar a importância das ferramentas de *Lean Manufacturing*, em especial o 5s e o SMED (*Single Minute Exchange of Die*), no ganho de produtividade da empresa através da redução do tempo de setup de máquina. O projeto parte de uma análise cronométrica da situação atual da empresa, a fim de se identificar os maiores responsáveis pelo tempo de espera de *setup*, um dos 8 desperdícios do sistema produtivo (OHNO, 1997). Será realizada uma análise quantitativa do efeito do uso destas ferramentas, bem como uma descrição completa da metodologia e resultados obtidos. Ainda, a partir dos resultados obtidos irá se medir o impacto do projeto na produtividade da linha de produção em questão, a partir de indicadores industriais como OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) e a % de tempo de disponibilidade de máquina.

1.3. Método de Pesquisa

Para a condução desta monografia, a metodologia escolhida foi a de aplicação de ferramentas e estudo das suas consequências a fim de se verificar qual seus benefícios e realizar uma análise crítica das mesmas. A condução deste estudo também irá seguir a abordagem quantitativa. Tal abordagem é marcada pelo emprego da quantificação de todos os resultados em termos numéricos em todas as modalidades de um estudo de caso, isto é, a coleta de dados e informações e o tratamento das mesmas através de técnicas estatísticas, desde as mais simples até as mais complexas (RICHARDSON, 1987). Este método de estudo apresenta como diferencial a maior preocupação sobre a precisão dos trabalhos realizados, conduzindo a procedimentos e resultados com baixas chances de distorções.

No planejamento deste tipo de estudo, o primeiro passo a ser dado é no sentido de identificar as variáveis específicas que possam ser importantes, para assim poder explicar as complexas características de um problema (RICHARDSON, 1987).

Ainda, de acordo com Yin (2001), a principal tendência de um estudo de aplicação de ferramentas é de que os mesmos busquem explicar a razão por qual uma decisão ou um conjunto de decisões foi tomado, como foi sua implementação e quais os resultados foram obtidos. Este fluxo de trabalho será reproduzido durante este trabalho, dando uma breve

contextualização das razões que levaram a empresa estudada a implementar o SMED, como foi sua implementação e, em termos de KPIs relevantes para a empresa, quais foram os resultados obtidos.

A partir da metodologia de estudo de caso será compreendida a relação entre a ferramenta SMED, as ferramentas de *Lean Manufacturing*, e os benefícios trazidos para a empresa a partir da implementação das mesmas ferramentas. Desta forma, o principal objetivo é entender o papel de ferramentas deste cunho no ambiente industrial e quais são as vantagens obtidas a partir das mesmas.

1.4. Estrutura do Trabalho

Este estudo será conduzido a partir da divisão do trabalho em cinco tópicos. O primeiro é a introdução, que é composta por uma contextualização da empresa e o processo produtivo estudado, os objetivos do trabalho e uma introdução à metodologia de um estudo de caso, a fim de introduzir ao leitor os contextos necessários para a compreensão deste trabalho assim como despertar seu interesse para os demais capítulos deste estudo.

O segundo tópico é a revisão da literatura dos conceitos a serem explorados durante este estudo de caso. Inicialmente, será introduzida a história do *Lean Manufacturing* e seus principais conceitos e princípios. Algumas ferramentas, como o 5s e o Mapeamento do Fluxo de Valor, serão explorados em mais detalhes, dado que são ferramentas importantes para a compreensão do estudo. Posteriormente, será introduzida a ferramenta SMED e será realizada uma análise crítica da mesma, uma vez que esta é a principal ferramenta aplicada no estudo em questão.

O terceiro tópico deste estudo irá tratar do estudo de caso, sendo introduzido por uma breve contextualização da empresa e de seus processos produtivos. Será detalhado o processo atual de *setup* da empresa e os tempos envolvidos, além de uma classificação destas atividades de acordo com a agregação de valor envolvida. Ainda, serão exploradas as possibilidades existentes para a redução do tempo de *setup* da máquina, e serão definidos quais soluções foram selecionadas para implementação. Por fim, será descrito como ocorreu a implementação destas mesmas medidas e quais os resultados obtidos por estas ações (em termos de redução de tempo de *setup*), assim como qual foi o valor obtido para a empresa (em termos de KPIs relevantes para a mesma).

O quarto tópico deste estudo traz a análise do estudo de caso e seus principais resultados e conclusões, concluindo as considerações finais do trabalho. Serão expostas as principais conclusões do estudo realizado, as limitações acerca do trabalho e possíveis futuros projetos de pesquisa. O quinto tópico é composto apenas pelas referências bibliográficas envolvidas na realização deste estudo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Introdução ao *Lean Manufacturing*

A primeira abordagem do *Lean Manufacturing* foi iniciada pela Toyota, com o que foi então chamado de *Toyota Production System (TPS)*. O conceito foi inicialmente introduzido a partir do livro “*The Machine that Changed the World*” (WOMACK, 1991), que inicialmente focava nos métodos de produção japoneses comparados aos métodos de produção em massa. O próximo grande marco da evolução do *Lean Manufacturing* foi o livro “*Lean Thinking Banish Waste and Create Wealth in Your Organization*” (WOMACK, 1996), que resumiu os princípios do *Lean* e lançou o termo “*Lean Production*”. O termo *Lean* significa uma série de atividades ou soluções que minimizam o desperdício e as atividades e tarefas que não geram valor, e melhoram o valor agregado pelo processo. Este conceito de atividades e tarefas que agregam ou não valor foi derivado do *Toyota Production System (TPS)* e será mais bem desenvolvido na seção 2.3 deste estudo.

O termo *Lean* contém diversas definições dentro da literatura. O termo é originado do TPS e como o conceito chave do TPS é produzir apenas os tipos de produtos necessários, no tempo necessário e nas quantidades necessárias, busca-se eliminar estoques intermediários e de produtos finais. As três áreas essenciais para se alcançar o objetivo principal de redução de custos (através da eliminação de desperdícios) são o controle de qualidade, garantia de qualidade, e respeito pela humanidade. Estas conseguem ser alcançadas através de quatro conceitos principais: JIT (*just in time*), automação, força produtiva flexível, e valorização do trabalho humano (PETTERSEN, 2009).

A base do TPS é a absoluta eliminação do desperdício, que é suportado pela produção *Just in Time (JIT)* e a automação da produção (*Jidoka*). O TPS pode ser descrito como um esforço para se produzir bens em um fluxo tão contínuo quanto possível (PETTERSEN, 2009).

Hopp e Spearman (2004) definiram *Lean* como a produção de bens e serviços que minimiza os custos de amortecimento associados com tempos de produção excessivos, estoques ou problemas de capacidade. Shah e Ward (2007) definiram um processo *lean* como “um sistema sócio-técnico integrado cujo principal objetivo é a eliminação do desperdício através da redução da incerteza proveniente do fornecedor, cliente ou interna”.

O modelo *Lean* mais perto do sistema TPS original é definido pela imagem abaixo na Figura 01. Este modelo contém os objetivos, os principais princípios e a fundação do TPS.

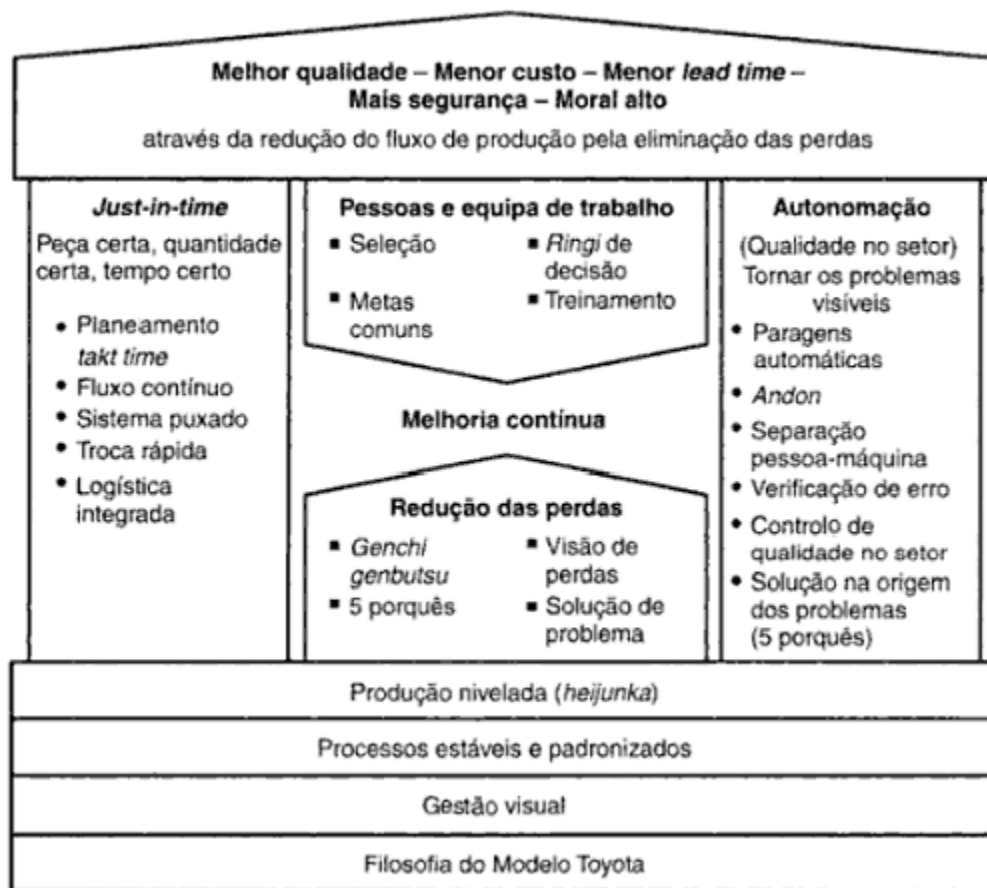


Figura 01: Casa do TPS (PETERSON, 1985).

Neste modelo, há dois pilares que suportam os objetivos de se melhorar a qualidade, diminuir-se os custos e diminuir-se o lead time. Estes dois pilares são a produção *Just in Time* e o *Jidoka*, que significa automação da produção.

O primeiro pilar, aquele do *Just in Time* (JIT), é composto por diversos métodos, conceitos e ferramentas utilizadas para a entrega do produto certo, na quantidade certa e no momento correto. Uma das principais ferramentas dessa filosofia é a adoção do *takt time*. O *takt time* é o tempo necessário para a produção de uma unidade de produto no ambiente produtivo, e é obtido a partir da quantidade de produtos demandada dividida pelo total de horas disponíveis para a produção dos mesmos produtos, o que resulta no número necessário de tempo por unidade de produção (WOMACK, 2004). Outros conceitos essenciais ao *Just in Time* são a produção em fluxo contínuo e o sistema puxado de produção. Tais conceitos permitem a redução de desperdícios através da eliminação da produção acima do necessário (superprodução) e da redução dos níveis de estoque intermediários (WOMACK, 2004). Outra ferramenta que ganhou destaque dentro deste sistema produtivo é o sistema *Kanban*, método visual de se transmitir informação entre os diversos processos produtivos no

ambiente de fábrica, funcionando como o “sistema nervoso” do JIT, garantindo a fluidez do sistema de produção puxado (OHNO, 1997).

O segundo pilar do *Toyota Production System* (TPS) é o da automação. Ele é baseado em se pausar a produção toda vez que um problema é detectado, para que ele seja solucionado na fonte, ajudando a economizar recursos e tempo (LIKER, 2005). Nota-se de que a pausa da produção é incentivada mesmo quando, de início, esta atividade parecer demandar tempo e recursos excessivos, pois no longo prazo o valor gerado compensa o tempo de produção utilizado. Este princípio também é conhecido como *Jidoka*, e ele é executado nos ambientes produtivos com o auxílio de máquinas e ferramental mecânico avançado para a identificação de problemas na produção, realizando a inspeção de peças e produtos produzidos. No TPS, quando um defeito de produção é identificado há a emissão de um sinal (como um som ou uma luz) para que seja chamada a atenção de um supervisor humano, que irá lidar com o defeito e só voltar com a produção uma vez que este problema seja resolvido pela sua causa raiz.

A missão do *Lean Manufacturing* é obter o seguinte fluxo por toda a cadeia de suprimentos a fim de se ganhar vantagem competitiva (JURAN, 1997):

1. Menor *lead time* possível;
2. Nível otimizado de estoque;
3. Maior nível de atendimento ao cliente;
4. Menor taxa de defeitos possível;
5. Menor desperdício possível (custo de baixa qualidade).

Isso é obtido através do equilíbrio do fluxo de trabalho – tanto internamente quanto externamente à organização, ao ritmo das necessidades do cliente. Todos os tipos de desperdício devem ser minimizados – tempo, material, trabalho, espaço e movimento – com o objetivo de se reduzir variação e manter os valores percebidos pelo cliente através de toda a cadeia de valor da produção. Uma comparação do modelo de produção *Lean* atual com modelos de produção antigos é representado na Figura 02:

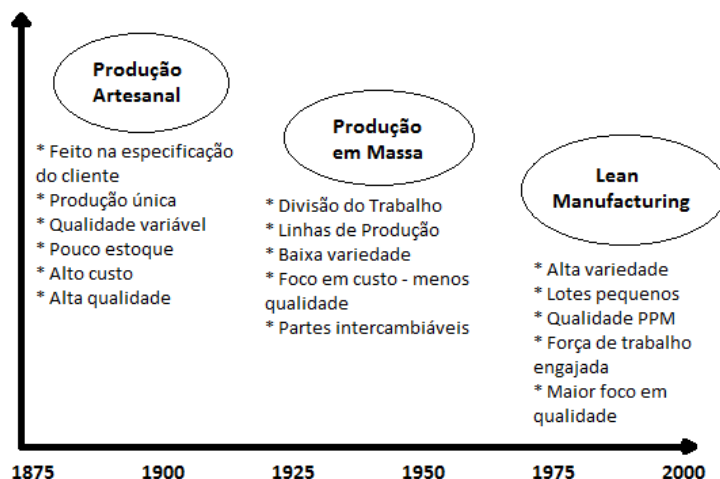


Figura 02: História da Produção (JURAN, 1997).

Ao adotar práticas similares ao *Lean Manufacturing*, as empresas começam a implementar também em departamentos de serviços dentro das organizações, decorrente dos efeitos positivos advindos do *Lean*. De acordo com Juran (1997), os métodos *Lean* e seus princípios hoje estão sendo usados em setores de serviço fora do convencional, como hospitais, seguradoras e serviços financeiros, a fim de se aumentar a produtividade e diminuir os desperdícios. Entretanto, ao se utilizar dos princípios de *Lean Manufacturing* na indústria de serviços, é essencial se padronizar estes serviços e aumentar a confiabilidade do serviço através dos mesmos princípios *Lean* (CALBORG, 2013).

2.2 Princípios e Conceitos do *Lean Manufacturing*

2.2.1 Os Cinco Princípios do *Lean Manufacturing*

De acordo com Womeck e Jones (2004), os cinco princípios do *Lean Manufacturing* são focados acerca da geração de valor em qualquer empresa de manufatura ou de serviços, não sendo limitados à redução do desperdício. Os 5 princípios do *Lean* podem ser encarados de maneira cíclica, uma vez que a implementação dos mesmos pode sempre ser revista e aprimorada de modo a gerar um valor cada vez maior ao cliente, se tornando assim uma vantagem competitiva à empresa. Os 5 princípios e sua relação cíclica estão demonstrados na Figura 03:

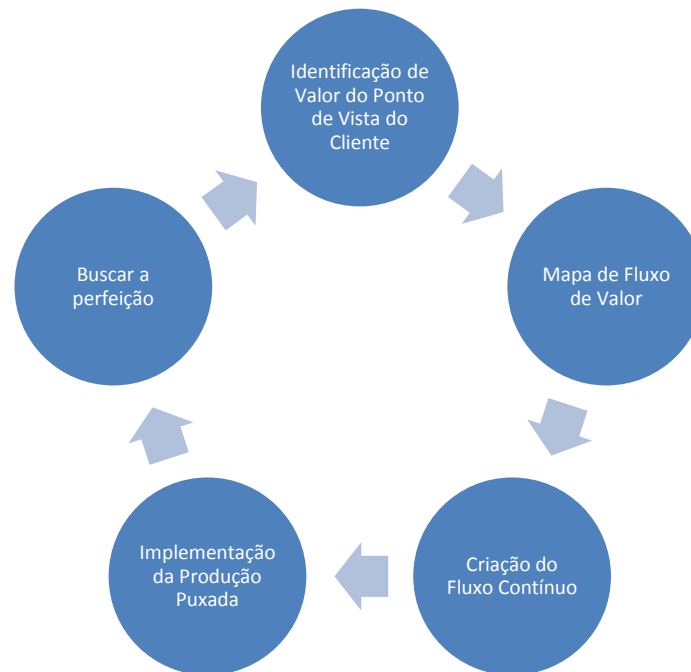


Figura 03: os cinco princípios do *Lean Manufacturing* (WOMECK; JONES, 2004).

1. Identificação de Valor do Ponto de Vista do Cliente: Isso significa que o cliente está disposto a pagar por resultados, e não por produtos, e que cada empresa deve buscar identificar e iniciar o projeto e manufatura de seus produtos a partir do levantamento de quais as reais necessidades de seus clientes.
2. Mapeamento do Fluxo de Valor: é realizar o mapeamento de todo o caminho que o produto e os materiais envolvidos percorrem através do processo produtivo, bem como o caminho das informações relevantes ao produto e a sua produção. Shook (2003) afirma que as empresas devem iniciar a implementação do *Lean Manufacturing* a partir da realização do mapeamento porta a porta do fluxo de valor. Ainda, de acordo com Shook (2003), o mapeamento é uma ferramenta essencial para se garantir uma visão holística sobre o sistema produtivo, e gera as seguintes vantagens:
 - Auxilia na visualização de um processo completo, e não diversos processos individuais.
 - Auxilia na identificação de desperdício e suas fontes.
 - Fornece uma linguagem comum para tratar os processos de manufatura;
 - Auxilia na tomada de decisões sobre o fluxo do processo produtivo.
 - Solidifica uma base para a implementação da mentalidade *Lean*.
 - Fornece uma visão sistêmica sobre a abordagem lean em determinada empresa, evitando que sejam implementadas ferramentas isolada.
 - Relaciona o fluxo de informação e o fluxo de material envolvidos no processo produtivo.

- É uma ferramenta qualitativa que descreve em detalhes o caminho para que as unidades produtivas consigam operar em fluxo contínuo.
3. Criação do Fluxo Contínuo: este princípio busca descrever a importância do movimento contínuo e constante dos produtos através de uma sequência de unidades produtivas que geram valor. De acordo com Braga (2008), o fluxo contínuo contribui para a redução do lead time dos produtos, com reorganização e rearranjo do *layout* criando um ambiente favorável para o fluxo ordenado. O fluxo contínuo se destaca pela movimentação ordenada e contínua de peças e a existência de um tempo mínimo de espera entre as etapas do processo produtivo, as células de produção, situadas especificamente para gerar as menores distâncias de deslocamento de peças e pessoas (BRAGA, 2008). Ao se aplicar os conceitos de fluxo contínuo, podem ser apresentadas inúmeras vantagens para a linha de produção, de acordo com Barbosa (2006). Entre elas estão:
- Redução de produtos do tipo *Work in Progress* (WIP), produtos semi acabados que estão em estoque, gerando desperdício.
 - Redução do tempo de estoque.
 - Maior habilidade de se identificar problemas e gargalos.
 - Redução da movimentação de bens e pessoas.
 - Redução de área necessária para as atividades produtivas.
4. Implementação da Produção Puxada: De acordo com Bonney (1999), há dois modelos de produção que variam entre si pelo sentido do fluxo de informação vs. o fluxo de produção. Estes são:
- Produção empurrada: quando o fluxo de informação (utilizado para criação da demanda e ordens de produção) se encontra no mesmo sentido que o fluxo de produção de bens.
 - Produção puxada: quando o fluxo de informação se encontrada no sentido contrário ao fluxo de produção de bens, servindo de insumo e input para o mesmo. Neste modelo, somente é produzido quando o cliente abre a demanda. Estes sistemas podem ser compreendidos através da Figura 04 abaixo:

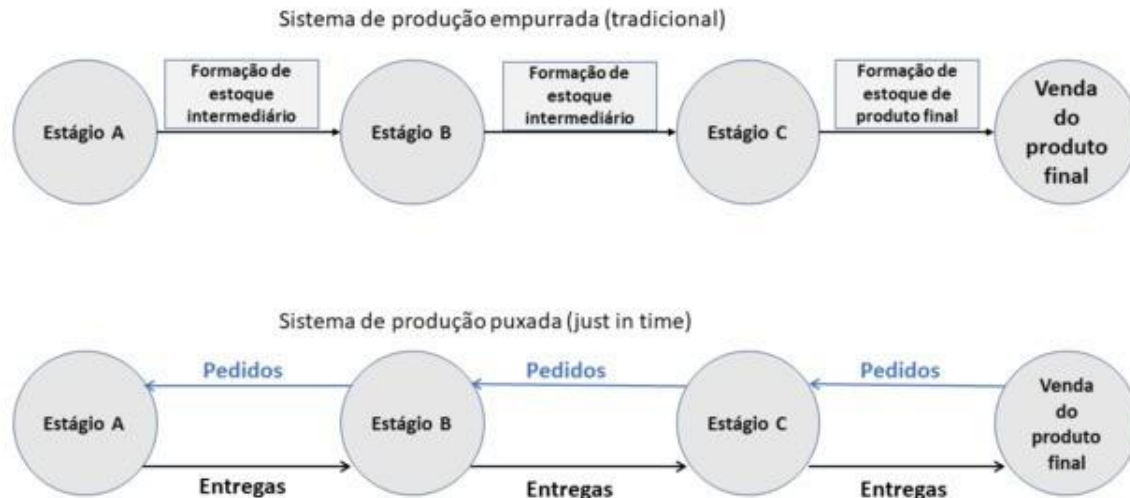


Figura 04: produção empurrada vs. produção puxada (Bonney, 1999).

5. Buscar a perfeição: este último princípio consiste na aplicação contínua dos princípios do *Lean Manufacturing* a fim de se reduzir os desperdícios envolvidos.

2.2.2. Os 14 princípios da Toyota

Há empresas que focam em implementar os cinco princípios do *Lean Manufacturing* mencionados acima de maneira rápida, sem uma filosofia sólida por trás da implementação. Nestes casos, as empresas sentem que os resultados gerados não são sustentáveis. O Modelo Toyota (LIKER, 2004) traz as ferramentas para as organizações realizar melhorias sustentáveis através de 14 princípios que eventualmente irão gerar vantagem competitiva para as empresas. Os princípios do Modelo Toyota são (LIKER, 2004):

1. *Baseie suas decisões em uma filosofia de longo prazo, mesmo sob os custos de suas metas financeiras de curto prazo:* essa é a fundação de todos os outros princípios. Todas as decisões devem ser tomadas para gerar valor para a empresa, para os colaboradores, para os clientes e para a sociedade em geral. Este princípio deve ser o ponto de partida para todas as funções da empresa.
2. *Crie um processo contínuo para trazer os problemas à tona:* fluxo significa reduzir todo o tempo que um produto ou item está esperando para ser trabalhado. Reduzindo todo o tempo adicional onde não é gerado valor e fazer do processo um só fluxo. Tal fluxo é um dos fatores principais para a melhoria contínua e para o desenvolvimento de recursos humanos.

3. *Utilize um sistema puxado para se evitar a produção excessiva:* este princípio significa que o consumidor irá puxar a produção e a empresa apenas agirá de forma reativa. Assim, os estoques se manterão a quantidades relativamente baixas de cada produto e os erros encontrados no processo produtivo serão menos danosos (uma vez que não haverá grandes estoques).
4. *Equilibre os níveis de produção:* é necessário se eliminar o sobre carregamento presente nas diversas etapas produtivas, a fim de se eliminar os gargalos e assim criar a base para uma produção realmente contínua. Este princípio parte da análise do sistema produtivo atual e da identificação dos gargalos, para que possam ser desenvolvidas medidas que irão balancear os níveis de trabalho em cada célula de produção.
5. *Crie uma cultura de parar para resolver problemas, para se atingir a qualidade correta da primeira vez:* quando há um problema, não se pode procrastinar a decisão de resolvê-lo. Isto deve ocorrer no momento em que o problema é identificado, mesmo que isso signifique a linha de produção parar. A produtividade pode sofrer a curto prazo, mas no longo prazo a produtividade será impulsionada quando os problemas são identificados e contramedidas são implementadas.
6. *Tarefas padronizadas são a fundação da Melhoria Contínua:* a Toyota descobriu que os padrões na realidade ajudam as pessoas a controlar seu próprio trabalho. A padronização do trabalho é frequentemente confundida com inflexibilidade de trabalho, porém quando um trabalhador seguiu seus procedimentos padrões de trabalho e mesmo assim ocorreu um erro, sabe-se que deve se mudar os padrões de trabalho existentes para se alcançar resultados melhores.
7. *Utilize do controle visual para que nenhum problema esteja escondido:* o ambiente de trabalho deve ser limpo e cada parte da produção deve ser representada visualmente. Ambientes com produção visual, organizada e clara geram discussões mais efetivas e maior engajamento dos funcionários, assim como maior organização e flexibilidade.
8. *Utilize apenas tecnologia testada e confiável, que serve suas pessoas e seus processos:* evite utilizar tecnologia ainda não testável a menos que seja absolutamente necessário, uma vez que tal utilização gera maiores níveis de incerteza e imprevisibilidade.
9. *Desenvolva líderes que entendem o trabalho, vivem a cultura e ensinam aos outros:* a Toyota cria seus próprios líderes ao invés de comprá-los do mercado por curtos espaços de tempo, pois um *turnover* grande de funcionários e gerentes gera uma visão de curto prazo e não permite a real implementação da filosofia *Lean*.
10. *Desenvolva pessoas excepcionais e times que vão seguir a cultura de sua empresa:* são os recursos humano que impulsionam a melhoria contínua. É necessário se investir em pessoas e em retorno se ganha colaboradores motivados e comprometidos que geram vantagem competitiva para a empresa no longo prazo.
11. *Respeite sua rede de parceiros e fornecedores os desafiando a melhorar:* o poder da rede de suprimentos não está apenas nas tecnologias de informação (tipo SAP), mas sim na força do relacionamento com os fornecedores. É necessário se encontrar parceiros sólidos e crescer junto através do benefício mútuo de relacionamentos de longo prazo.

12. *Vá ao chão de fábrica e entenda você mesmo a situação com a qual sua empresa está lidando:* é necessário que os tomadores de decisão observem o chão de fábrica sem ideias pré-concebidas para que assim consigam trabalhar com dados verificados pessoalmente, a fim de se resolver problemas e tomar decisões.
13. *Tome decisões lentamente através do consenso e da consideração de todas opções, implementando as decisões rapidamente:* uma tecnologia ou solução que foi investigada cuidadosamente será implementada e maneira rápida e eficiente. Nada pode ser pressuposto, tudo deve ser verificado. Durante a tomada de decisão, devem ser considerados os cinco elementos: (1) Compreensão do que realmente está acontecendo (Gemba); (2) Chegar na causa raiz do problema visível – perguntar porquê cinco vezes; (3) Considerar amplamente todas as alternativas para determinado problema e desenvolver uma argumentação sólida por trás da escolha tomada; (4) Construa consenso dentro do time envolvido; (5) Utilize sempre meios de comunicação eficientes para se realizar todas as etapas citadas.
14. *Torne a sua organização em uma organização de aprendizado, através da reflexão e da melhoria contínua:* uma organização que aprende com os próprios erros e que desenvolve conhecimento não apenas adota e desenvolve novos negócios ou habilidades, mas se planejam a aprender tais novas habilidades, conhecimento ou capacidades. Erros devem ser vistos como oportunidades para aprendizado. O aprendizado e a padronização de tarefas estão alinhados e são a base para a melhoria contínua.

2.2.3. Atividades que Agregam Valor ou Não

De acordo com Womack e Jones (2003), todas atividades para se projetar, encomendar ou produzir um produto podem ser classificados em três categorias:

- (1) atividades que agregam valor para o cliente (AV);
- (2) atividades que não geram agregam para o cliente mas que são necessários para o atual sistema de produção (NAV tipo I);
- (3) atividades que não geram valor para o cliente e que devem ser eliminadas (NAV tipo II).

Tais atividades que não geram valor são consideradas desperdícios, e são abreviadas como NAV (atividades que não agregam valor). Na manufatura, o desperdício ocorre em forma de erros que requerem retrabalho, a produção de itens indesejados, realização de etapas produtivas que não são necessárias, movimentos de operários e bens de um lugar para o outro que não são realmente necessários, ou quaisquer tempos de espera gerados por uma ordem de produção atrasada (WOMACK; JONES, 2003). A figura 05 abaixo representa uma linha do tempo de um processo produtivo que envolve fundição, processamento mecânico e montagem, classificando suas atividades em AV (agrega valor) ou NAV:

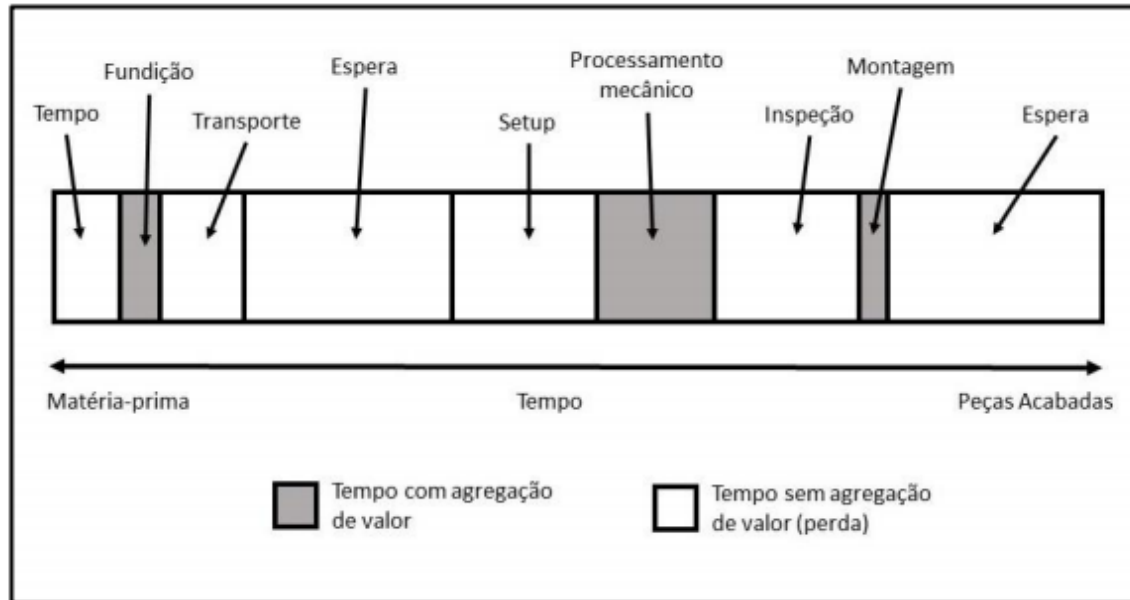


Figura 05: agregação de valor em atividades (adaptado de Liker, 2005).

Pode se observar no exemplo acima que a grande maioria do tempo é decorrido por atividades que não geram valor ao cliente. De acordo com Liker (2005), o tempo gasto com o material em um processo de transformação é formado em sua grande parte por atividades que não agregam valor, ou em outras palavras, desperdício.

Ainda, de acordo com Hines e Taylor (2000), na maior parte dos casos as empresas focam seus esforços e recursos alocados para melhoria e redução de custos nas atividades que agregam valor (AV), o que pode ser classificado como “o enfoque tradicional nas tarefas”. Entretanto, como pode ser observado na Figura 06 abaixo, a concentração de esforços nas atividades do tipo AV tem resultados menores quando comparado às oportunidades presentes quando há a concentração de esforços nas atividades do tipo NAV, uma vez que as atividades que agregam valor representam uma pequena parcela do *lead time*.

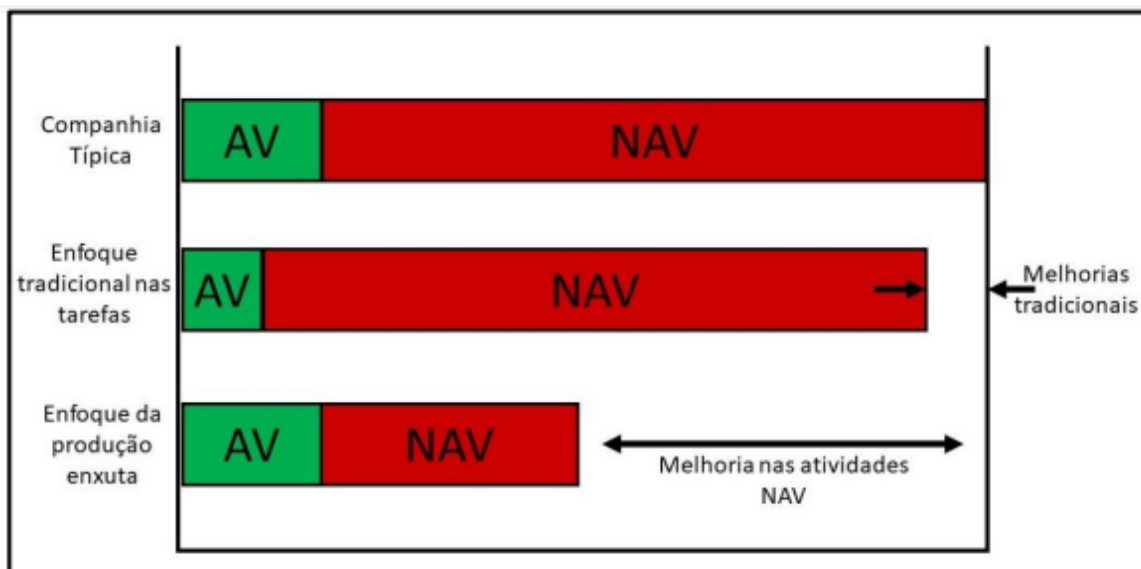


Figura 06: os três tipos de atividade (HINES; TAYLOR, 2000).

Com o enfoque enxuto pode-se eliminar atividades que não agregam valor através da criação de células de fluxo unitário de peças, que consiste em uma pequena organização de pessoas e máquinas em uma estação de trabalho seguindo uma sequência de processos, processando uma peça de cada vez ou pequenos lotes de modo a reduzir os desperdícios (LIKER, 2005).

2.2.4. Os Oito Desperdícios

O ponto principal da metodologia *Lean* é a eliminação de todo e qualquer desperdício dentro do sistema produtivo, envolvendo até mesmo os processos de obtenção de matérias primas dos fornecedores até a entrega do produto acabado ao cliente. Para se alcançar tal eficiência em um processo é necessário que este seja projetado de modo a tornar mais fácil toda e qualquer geração de desperdício. Assim, sempre há oportunidades de se eliminar, ou ao menos se reduzir, o desperdício. O desperdício é composto por atividades que não geram valor aos clientes e às organizações (OHNO, 1997). Pode-se classificar desperdício como um custo que as organizações não gostariam de pagar. É importante se aumentar o senso de urgência dos operários a cerca do conceito de desperdício, assim como sobre os meios de identifica-lo e reduzi-lo. Na metodologia tradicional *Lean*, estes são os 7 desperdícios principais identificados:

1. O excesso de produção: ocorre quando são produzidas quantidades maior do que o demandado pelo cliente, ou quando se é produzido mais rápido ou antes do que o necessário pelo cliente.

2. Os tempos de espera: são considerados inimigos do fluxo contínuo, pois materiais e componentes ficam parados devido à espera. Isto gera tempo não utilizado propriamente na produção, gerando tempo ocioso.
3. Excesso de transporte: é o movimento de materiais que não é necessário, e as chances destes mesmos se danificarem ou deteriorarem aumentam. Transporte não gera valor exceto quando é o transporte do produto ao cliente e o mesmo está sendo cobrado, enquanto transportes internos se classificam puramente como desperdício.
4. Processamento inapropriado: significa aplicar mais trabalho e processamento em um produto do que o cliente está preparado para pagar por. Produzir um produto de qualidade superior ao que o cliente está demandando, ou realizar processos produtivos desnecessários para a agregação de valor do produto.
5. Estoque: significa a existência demasiada de matérias primas e produtos acabados dentro do ambiente produtivo. É considerado um desperdício devido ao excesso de custo e trabalho alocados nestes materiais.
6. Movimentos desnecessários: ocorre quando há movimento desnecessário de máquinas, pessoas ou produtos.
7. Defeitos e retrabalho: envolve todo e qualquer custo relacionado ao atraso e reparo de produtos. Produtos com defeitos resultam em desperdícios pois eles devem ser retrabalhados, o qual é uma atividade que não gera valor. Ainda, devem ser considerados aqui também os custos relacionados a produtos defeituosos que chegaram até o cliente, como o caso de um *recall* por uma empresa automobilística.

Ainda, com o passar dos anos se identificou um oitavo desperdício: o de capacidade intelectual. Ele ocorre quando os colaboradores são subutilizados, exercendo funções aquém das suas capacidades e não utilizando sua criatividade (LIKER, 2005). Este tipo de desperdício não é tão perceptível quanto os outros, mas afeta intimamente a produtividade e a qualidade final da produção.

2.2.5. Mapa de Fluxo de Valor (MFV)

De acordo com Luz e Buir (2004), o fluxo de valor de um processo produtivo é o conjunto de ações necessárias, sejam essas ações que agregam valor ou não, para trazer um produto por todos os fluxos necessários em sua transformação de matéria prima até o estágio de produto final. O mapeamento do fluxo de valor completo de um produto pode ainda abranger várias empresas e unidades produtivas.

O mapeamento do fluxo de valor é definido como uma ferramenta essencial do *Lean Manufacturing*, sendo o mapeamento uma ferramenta de comunicação, planejamento e gerenciamento de mudanças, que direciona as empresas em sua tomada de decisões

relacionadas ao fluxo do produto, possibilitando ganhos em indicadores de desempenho (LUZ; BUIR, 2004).

De acordo com Rother e Shook (2003), as vantagens principais relativas à utilização desta ferramenta são:

1. Auxílio na visualização de um processo global, saindo da visão de processos individuais;
2. Auxílio na identificação do desperdício e suas fontes;
3. Fornecimento uma linguagem comum para tratar os processos de manufatura;
4. Facilitação a tomada de decisão acerca do fluxo produtivo;
5. Formação de uma base acerca do fluxo produtivo para a implementação da mentalidade *lean*;
6. Aproximação de conceitos e técnicas de *Lean Manufacturing*, auxiliando a evitar a implementação de ferramentas isoladas;
7. Apresenta a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material;
8. Descrição, em detalhes, do caminho para a unidade produtiva operar em fluxo contínuo.

Esta ferramenta permite a visão e a compreensão do fluxo de informações e materiais por todo o fluxo de valor do processo produtivo de determinado produto. Seu objetivo principal pode ser descrito como o suporte ao início do processo da transformação *lean* de uma empresa. Ele propõe uma visão de todas as etapas e fluxos dos processos produtivos, sendo esta visão a base para um plano de estudos e ações relativas à implementação de melhorias.

A seguir serão descritos alguns conceitos e ferramentas essenciais para a compreensão e aplicação de um MFV.

2.2.5.1. *Lead Time*, *Takt Time* e Tempo de Ciclo (T/C)

O *lead time* é o tempo total que um produto demora para passar por todas as etapas do processo produtivo, do começo até o fim de um processo ou um fluxo de valor. Deve-se notar que o começo do processo produtivo é considerado a abertura de uma demanda por um cliente, e não o momento em que é iniciado o processamento da matéria prima (ROTHER; SHOOK, 2003).

O *lead time* pode ser entendido como uma medida do tempo gasto pelo sistema produtivo para transformar matérias-primas em produtos acabados (TUBINO, 2009). Ao se acompanhar um determinado fluxo produtivo, existem quatro grupos principais de tempos que tradicionalmente compõem o *lead time*: esperas, processamento, inspeção e transporte.

A compreensão do *lead time* é essencial para quaisquer empresas que querem desenvolver flexibilidade em atender as demandas de seus clientes. Quanto menor for o seu *lead time*,

menor será o custo do sistema para atender às necessidades do mercado (ROTHER; SHOOK, 2003). Isto gera vantagem competitiva para a empresa frente aos seus concorrentes.

É interessante notar que os tempos que tradicionalmente compõem o *lead time* estão relacionados com as perdas ou desperdícios identificadas por Shingo (1996), como o tempo de espera, tempo de processamento excessivo, e tempo de transporte excessivo. Quanto maior forem os desperdícios identificados nestes critérios, maior será o *lead time* do processo produtivo.

De acordo com Moróz (2009), *takt time* é o tempo que a indústria deve produzir um produto para atender a demanda desejada pelo cliente. Ele é obtido a partir da relação entre o tempo disponível para a produção de um lote, e a demanda do cliente que deve ser produzida neste determinado lote (em número de unidades). O *takt time* deve ser utilizado para sincronizar o ritmo da produção com o ritmo da demanda dos clientes, sendo o tempo referência para implementação de produção puxada e de fluxo contínuo (ROTHER; SHOOK; 2003).

Abaixo, segue a fórmula para o cálculo do *takt time*:

$$Takt\ Time = \frac{Tempo\ Disponível}{Demanda}$$

O *takt time* é de grande importância para se determinar o ritmo em que deve ser produzido, isto é, com que velocidade a produção será puxada. O conceito chave é evitar grandes variações no nível de produção ao longo do tempo disponível para a produção, de forma a evitar períodos de superprodução e/ou ociosidade. Com o *takt time* torna-se possível a distribuição da demanda do cliente uniformemente por todo o período de trabalho, garantindo menos desperdício (SHINGO, 1985) e maior eficiência no ritmo de produção.

Um outro conceito de tempo fundamental para a compreensão do mapa de fluxo de valor é o tempo de ciclo (T/C), que é o tempo decorrido entre a saída de unidades produzidas sucessivas em um processo. Significa também o tempo para que o operador complete o ciclo de trabalho para uma unidade (MOURA, 1996).

Deve-se notar que a diferença entre o tempo de ciclo (T/C) e o *lead time* é de que estes apenas serão iguais quando o processo produtivo for completamente contínuo, não apresentando paradas e esperas entre o início e o fim da produção.

2.2.5.2. Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor

De acordo com Moreira e Fernandes (2001), há quatro etapas principais para o mapeamento do fluxo de valor:

1. Escolher a família de produtos a ser mapeada, uma vez que o mapeamento do fluxo de valor de todos os produtos seria exaustivo e demorado. Tal escolha deve ser racionalizada a partir da importância do produto a ser mapeado, de acordo com valores de faturamento e receita da empresa.
2. Desenho do mapa da situação atual do processo produtivo a ser mapeado. Tal mapeamento deve ser realizado conforme as seguintes normas padrões: inicia-se pela representação da demanda do cliente no canto superior direito do desenho (ou software); seguido pela adição de todos os processos envolvidos que agregam valor ou não; seguido pela adição do fornecedor, representando as matérias-primas principais, feita no canto superior esquerdo; o último passo trata do fluxo de informações, acrescentando-se os *lead times* de cada etapa do processo produtivo na parte inferior da folha (ou software).
3. Desenho do mapa do estado futuro, que idealiza a nova situação do processo produtivo em questão após reflexão com base na etapa 02. São identificados desperdícios e gargalos, e idealizadas soluções para a eliminação dos mesmos.
4. Descrição do novo plano de trabalho detalhado e dividido em etapas com objetivos próprios, a fim de se alcançar o efeito determinado na etapa anterior.

2.2.5.3. Mapa do Fluxo de Valor (MFV) da situação atual

O estado atual dos processos produtivos é representado a partir do MFV da situação atual, e este é realizado com base em informações da família de produtos a ser mapeada. Ele reflete o fluxo de materiais e informações a serem melhorados, baseada nos recursos disponíveis pela empresa.

Informações relativas a logística da produção (fornecimento e clientes), assim como o PCP, podem ser obtidas diretamente de cada setor. As informações relativas aos processos produtivos, entretanto, devem ser obtidas diretamente do chão de fábrica, a fim de se reproduzir o real fluxo atual de valor com exatidão. Moreira e Fernandes (2001) afirmam que estas informações referem-se a:

1. Demanda do cliente: número de unidades encomendada, turnos de trabalho necessários para realizar lote referente à demanda, periodicidade de entrega.
2. Capacidade da empresa: dias úteis por mês, turnos por dia, horas por turno.
3. Processo de produção: etapas, tempos, máquinas, ferramentas e recursos humanos alocados.

4. Planejamento e controle da produção (PCP): previsões de produção, lançamentos e compras.
5. Pedidos dos clientes, ordens de produção para cada etapa e para expedição aos clientes.
6. Fornecimento: lotes mínimos, periodicidade de entrega, tempo de expedição.

O Mapa do Fluxo de Valor da situação atual deve representar todas as etapas do processo produtivo através das chamadas “caixas de processo”. Abaixo de cada caixa de processo, deve haver informações relativas ao processo como: tempo de ciclo (*t/c*), tempo de *setup*, número de operadores necessários para operação, tempo de trabalho disponível por turno (capacidade), tempo de operação efetiva dos processos, e tamanho do lote de produção médio.

Além de representar as etapas do processo produtivo, o MFV da situação atual deve registrar o fluxo de materiais e informações envolvidos no processo, assim como classificar a produção em puxada (“FIFO”) ou empurrada. Deve-se também registrar os estoques envolvidos no processo, bem como sua quantidade e quanto tempo ficam estocados. De acordo com Moreira e Fernandes (2001), ao final do mapeamento da situação atual pode-se realizar uma comparação entre o *lead time* de produção e o tempo de processamento total (a soma dos tempos gastos efetivamente em cada etapa), sendo que quanto maior os estoques e o desnivelamento da produção, maior será a diferença entre o *lead time* e o tempo de processamento.

Nas Figuras 07 e 08 abaixo são ilustradas um exemplo de MFV da situação atual com a relação entre o fluxo de informações e materiais, e a simbologia utilizada para simbolizar o mapeamento:

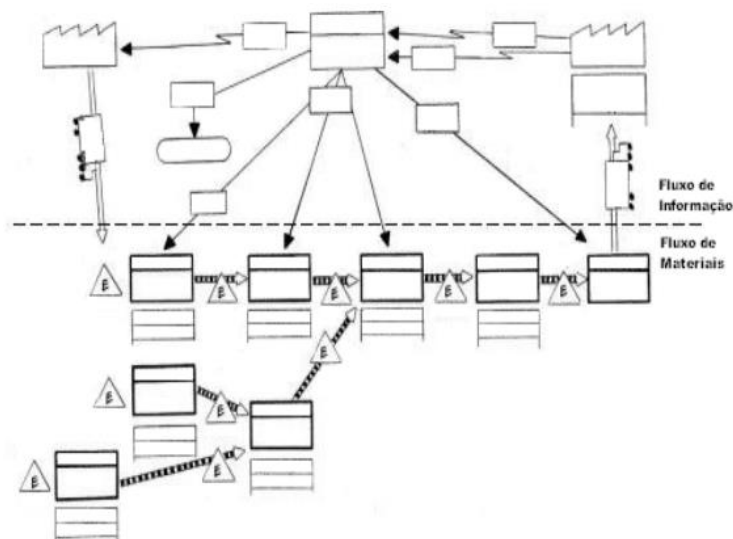


Figura 07: exemplo de MFV da Situação Atual (ROTHER; SHOOK, 2003).

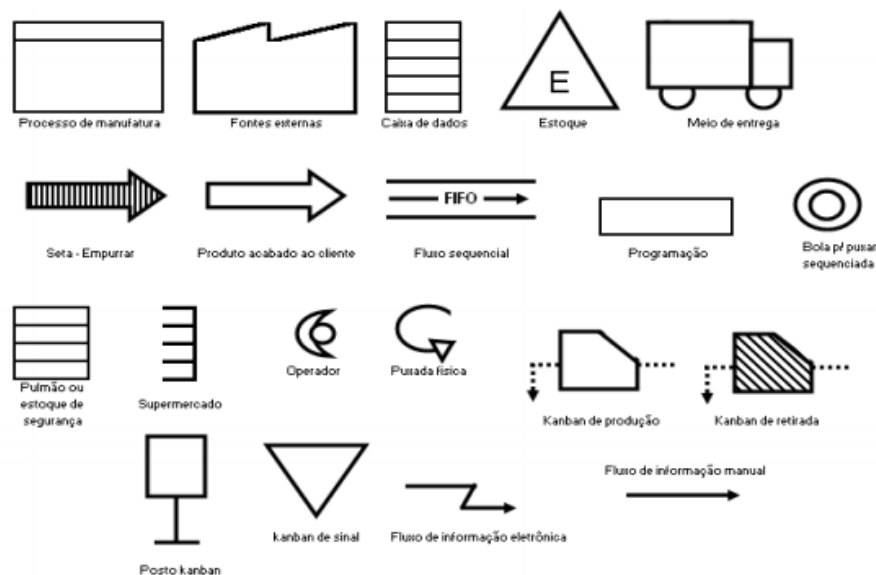


Figura 08: símbolos utilizados no mapeamento (ROTHER; SHOOK, 2003).

2.2.5.4. MFV da Situação Futura

Após uma análise de todas as informações e obtenção de uma visão sistêmica acerca do processo produtivo analisado a partir do MFV da situação atual, deve-se identificar possíveis melhorias para a elaboração do MFV da situação futura. De acordo com Rother e Shook (2003), estas são as questões-chaves que devem ser consideradas:

1. *Takt time*;
2. A produção é para estocagem ou diretamente para expedição?
3. Pode-se aplicar o fluxo contínuo, e se sim em quais etapas?
4. Onde se podem introduzir sistemas de produção puxada com supermercados?
5. Qual o processo puxador para se programar a produção?

Tendo estas questões respondidas, é possível desenhar o MFV da situação futura. Nos casos em que o *takt time* seja menor do que o tempo de ciclo (T/C) (e assim impossibilitando a aplicação da produção puxada), pode-se aplicar eventos *kaizen* de melhoria contínua para trazer o tempo de ciclo (T/C) abaixo do *takt time*.

Na introdução da produção puxada nos casos onde a produção de fluxo contínuo não seja possível, devem ser utilizados supermercados para se regular o fluxo entre processos. Um supermercado é um lugar, no caso do chão de fábrica um estoque intermediário, onde um cliente pode obter aquilo que é necessário, no momento certo e na quantidade certa (OHNO, 1997). Em certos processos não é possível aplicar o fluxo contínuo, e assim deve-

se colocar supermercados controlados por sistemas *kanban* para se programar a produção, permitindo a nivelção e programação dos processos responsáveis pelo abastecimento (ROTHER; SHOOK, 2003).

O último passo para a definição do MFV da situação futura é a definição do ponto da cadeia produtiva onde será programada a produção. Este ponto é chamado de processo puxador, e é controlado pela demanda dos clientes externos e tem a responsabilidade de ditar o ritmo para toda a cadeia produtiva.

No MFV da situação atual, todas as etapas com necessidades de melhorias para a adaptação do processo devem ser ilustradas com o ícone de necessidade do evento *kaizen*, incluindo melhorias como redução dos tempos de *setup* e melhorias na disponibilidade e capacidade de máquinas.

A Figura 09 abaixo representa um Mapa do Fluxo de Valor da situação futura:

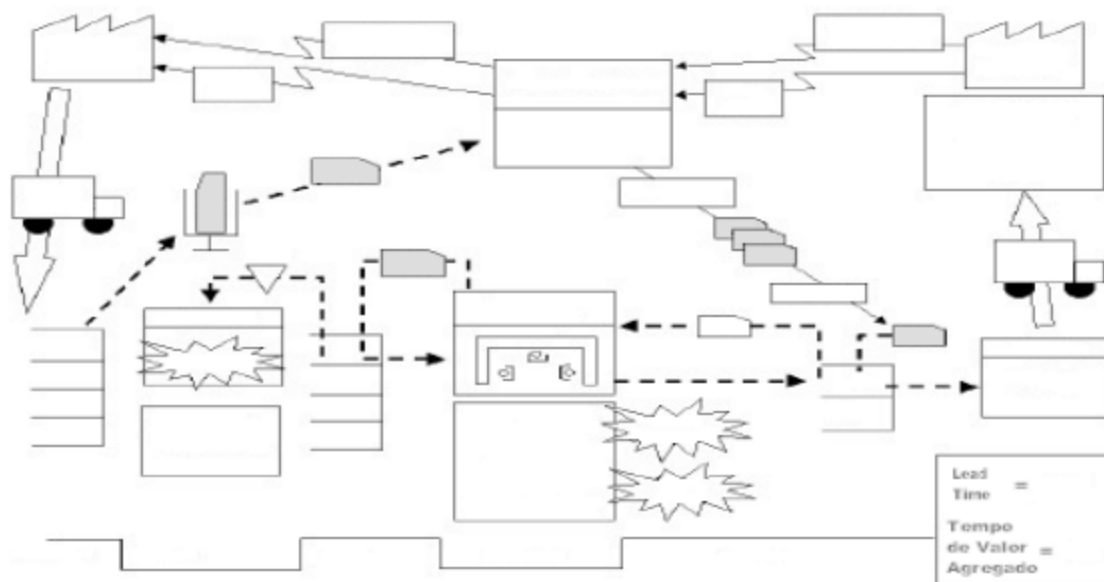


Figura 09: MFV da situação futura (ROTHER; SHOOK, 2003).

2.2.6. 5s

De acordo com Liker (2005), o 5s pode ser definido como um conjunto de boas práticas e padrões que auxiliam no gerenciamento do fluxo de trabalho, na melhoria de processos e na redução de desperdícios. A ferramenta foi desenvolvida no Japão na década de 1960 e é referência mundial na organização de processos produtivos, capacitando as empresas a crescerem sustentavelmente e sendo a base para a implementação de outras ferramentas de

Lean Manufacturing como o TQM (*total quality management*), TPM (*total productive maintenance*) e *Kaizen* (RANDHAWA; AHUJA, 2017).

A filosofia 5S foi formalmente introduzida no Japão em meados de 1960, sendo proposta por Hiroyuki Hirano e Takashi Osada. Segundo Randwaha e Ahuja (2017), elementos historicamente culturais japoneses, provenientes do Xintoísmo e do Budismo, como a limpeza, a ordem e a autodisciplina foram responsáveis pela formação e imersão da filosofia do 5s na indústria japonesa.

O termo 5S é proveniente da junção das palavras japonesas *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, que significam, respectivamente, utilização, organização, limpeza, padronização e disciplina, sendo estes cinco conceitos os pilares da filosofia 5s. Os benefícios da utilização desta ferramenta são:

- Maior segurança no ambiente de trabalho;
- Maior nível de serviço de entrega;
- Custos reduzidos (através da eliminação de desperdícios);
- Maior disponibilidade de máquina e ferramentas;
- Maior qualidade (menos produtos defeituosos);

A relação entre os cinco pilares da filosofia 5s e seus benefícios pode ser representada pela Figura 10 abaixo, conforme a teoria de Osada (1992):

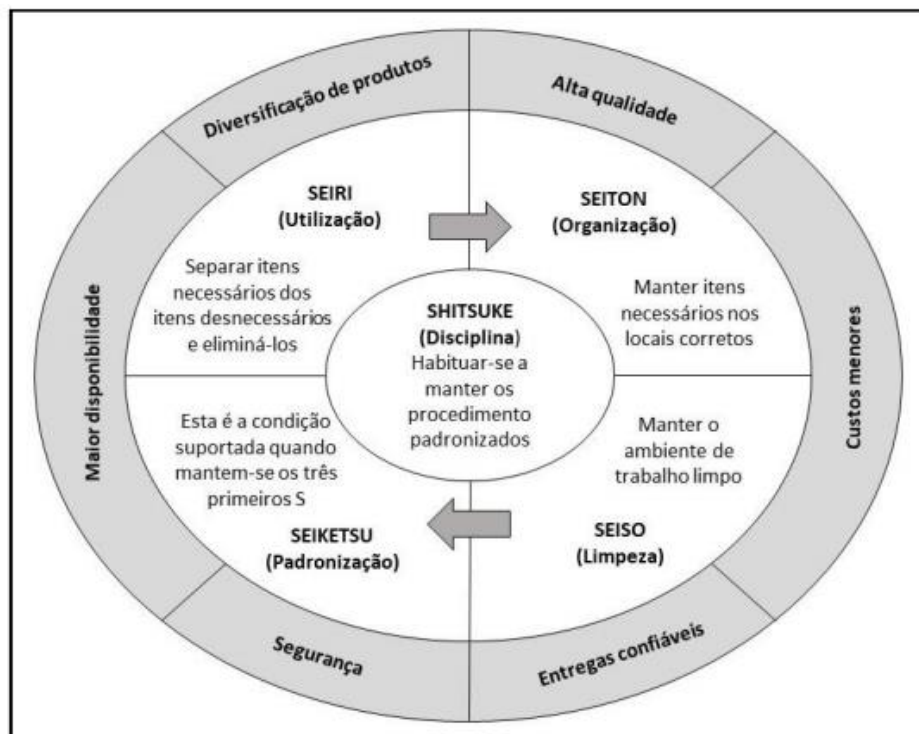


Figura 10: Conceito do 5S segundo Osada (RANDHAWA; AHUJA, 2017).

Hoje a filosofia 5S é tratada como essencial para a aplicação de quaisquer ferramentas de qualidade ou de *Lean Manufacturing*, como por exemplo o TQC (*Total Quality Control*), e é utilizada com o fim de se introduzir a mudança na mentalidade em relação à melhoria contínua dos recursos humanos envolvidos nos processos produtivos das empresas, agregando senso de organização e redução de desperdícios (CAMPOS, 2014). Ainda, apesar da grande importância que a ferramenta 5S dá a segurança no ambiente de trabalho, é comum o envolvimento de um sexto S, referente à segurança (RANDHAWA; AHUJA, 2017).

Segundo Campos (2014), o programa 5S tem a função de trazer a mudança sustentável de longo prazo através da mudança de mentalidade e de comportamento dos recursos humanos envolvidos em relação à melhoria contínua, gerando altos ganhos de produtividade. Ainda, a filosofia 5S e seus cinco pilares pode ser implementada tanto em ambientes de manufatura quanto em ambientes administrativos. A Tabela 01 abaixo representa o conceito de cada pilar do 5S em ambientes de manufatura e administrativos:

Tabela 01: conceito dos pilares do 5S nos ambientes produtivos (CAMPOS, 2014).

5S	Produção	Administração
SEIRI (arrumação)	Identificação dos equipamentos, ferramentas e materiais necessários e desnecessários nas oficinas e postos de trabalho.	Identificação de dados e informações necessárias e desnecessárias para decisões.
SEITON (ordenação)	Determinação do local específico ou <i>lay-out</i> para os equipamentos serem localizados e utilizados a qualquer momento.	Determinação do local de arquivo para pesquisa e utilização de dados a qualquer momento. Deve-se estabelecer um prazo de 5 minutos para se localizar um dado.
SEISOU (limpeza)	Eliminação de pó, sujeira e objetos desnecessários e manutenção da limpeza nos postos de trabalho.	Sempre atualização e renovação de dados para ter decisões corretas.
SEIKETSU (asseio)	Ações consistentes e repetitivas visando arrumação, ordenação e limpeza e manutenção de boas condições sanitárias e sem nenhuma poluição.	Estabelecimento, preparação e implementação de informações e dados de fácil entendimento que serão muito úteis e práticas para decisões.
SHITSUKE (autodisciplina)	Hábito para cumprimento de regras e procedimentos especificados pelo cliente.	Hábito para cumprimento dos procedimentos determinados pela empresa.

2.3 SMED – Técnica de Redução de Tempo de *Setup*

2.3.1 Introdução ao SMED

Com os meios atuais de produção como o *Toyota Production System* (TPS) e o *Lean Manufacturing*, busca-se principalmente a redução de desperdícios e para tal foram elaboradas técnicas como: pequenos lotes de produção, redução de estoques, manutenção preventiva, etc. A produção em lotes menores e maior variedade de produtos entre os lotes demandam um esforço maior por parte das empresas em realizar ações visando a redução do tempo de *setup*, que é um capacitador da produção puxada, de acordo com Godinho Filho e Fernandes (2004).

Neste contexto, é essencial que haja ferramental e conhecimento teórico necessário para auxiliar as empresas em seus esforços de redução de tempo de *setup* de máquinas. Assim surgiu o SMED – *Single Minute Exchange of Die* – desenvolvido pela Toyota em conjunto com o consultor Shigeo Shingo (WOMACK; JONES, 1998). Monden (1984) aponta que o sistema de Shingo se trata de um conceito inovador genuinamente japonês, e que é uma teoria muito comum cuja prática seria difundida na engenharia de produção em todo o mundo.

Os estudos de Shingo foram descritos em seu livro *SMED – Revolution in Manufacturing* (1985) e apresenta uma breve estrutura conceitual do SMED, assim como uma descrição das técnicas de auxílio à metodologia, além de trazer diversos exemplos de aplicação da metodologia em ambientes produtivos. Na elaboração de ferramenta SMED, Shingo distique três etapas para o desenvolvimento da metodologia que foi concebida ao longo de 19 anos (SHINGO, 1985).

A primeira etapa se passa em 1950, na cidade de Hiroshima, Japão, em uma empresa chamada Mazda Toyo Kogyo. Através da análise da troca de matrizes de uma prensa, Shingo elaborou os conceitos de *setup* interno, que é o conjunto das atividades realizadas com a máquina parada, e *setup* externo, que é o conjunto das atividades realizadas com a máquina em funcionamento.

A segunda etapa se passa em 1957, também em Hiroshima, mas desta vez na empresa Mitsubishi Heavy Industries. Neste ambiente houve a duplicação de ferramentas de modo a permitir a separação do *setup*, gerando aumento de 40% na produtividade das máquinas estudadas.

A terceira etapa ocorre em 1969 já na Toyota Motors Company. Nesta empresa, as operações de *setup* de prensas de mais de 1.000 toneladas exigia cerca de quatro horas de trabalho, enquanto benchmarkings realizados com a empresa Volkswagen indicava que o mesmo trabalho com prensas similares exigia cerca de duas horas. Na primeira fase do seu

trabalho de consultoria para a Toyota, Shingo conseguiu reduzir esse tempo para 90 minutos. Entretanto, após maiores esforços da diretoria da Toyota, Shingo gerou o conceito de conversão de *setup* interno para *setup* externo, isto é, a transferência de atividades com a máquina parada para o momento que esta estivesse em funcionamento. Com esta nova técnica, Shingo alcançou a redução do tempo da máquina para parada apenas três minutos.

Após ter conseguido tais resultados na Toyota, Shingo criou a metodologia SMED, iniciais de “*Single-Minute Exchange of Die*”, trazendo o conceito de que todo *setup* deveria ser realizado em menos de dez minutos.

2.3.2. Alta Variedade de Produtos e Lotes Pequenos

De acordo com Slack (2008), a manufatura tradicional pode ser classificada em cinco tipos de processos:

- Processos de Projeto: os produtos (projetos) possuem alta diversificação, sendo altamente customizados para o cliente, e possuem baixo volume, na maioria das vezes unitário.
- Processos de *jobbing*: também apresentam baixo volume e alta diversificação, porém, entretanto, diferentemente dos processos de projeto, possuem recursos de produção dividido entre diversos processos.
- Processos em lotes: menor diversificação, pois os itens são feitos em repetição.
- Processos de produção em massa: se caracterizam por trabalharem com lotes grandes, marcados por alto volume e baixa diversificação. As operações são repetidas diversas vezes por longos períodos de tempo.
- Processos contínuos: apresentam diversificação quase nula e volumes muito grandes.

O ambiente de estudo de Shingo para o desenvolvimento da ferramenta SMED foi a indústria automobilística, que de acordo com Slack (2008), se enquadra em Processos em Lotes. Tal classificação é dada pois hoje esta indústria apresenta uma maior variedade de produtos e componentes quando comparado à época do Fordismo, onde a produção era em massa. Portanto, uma vez que se trata de processos com relativa diversificação e lotes menores, as empresas já devem focar seus esforços em reduzir os tempos de *setup*.

Realizando-se uma análise crítica da indústria automobilística pós Fordismo, houve um aumento na variedade de produtos decorrente da maior diversificação da demanda do consumidor. Entretanto, o volume demandado também aumentou. Assim, as empresas foram apresentadas um desafio: escalar seu volume de produção e diversificar suas linhas de produção.

Neste contexto, tornou-se necessária a produção em lotes menores para se atender a demanda diversificada dos clientes, o que exige um número muito maior de *setups* a serem executados. Assim, a fim de se aumentar o volume de produção e se aumentar o número de *setups* realizados, os tempos gastos com cada um devem ser encurtados.

O tempo de *setup* deve ser considerado como a soma de todos os tempos de todas as operações realizadas entre o final da produção de um item, item A, e o momento em que o primeiro produto de um outro item, item B, for produzido com qualidade (KANNENBERG, 1994). Em casos onde a produção do item B se inicia sem qualidade gerando itens defeituosos, o tempo desta produção e das medidas corretivas também devem ser considerados tempos de *setup*. A Figura 11 visualiza e dá exemplos de operações que costumam ser realizadas durante o *setup*:

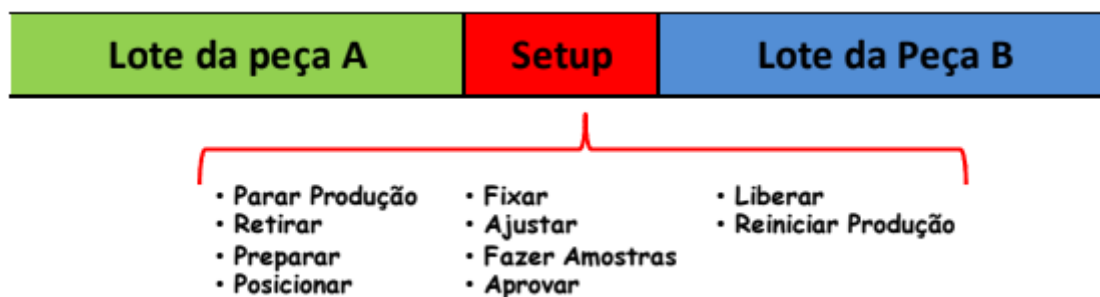


Figura 11: definição e exemplos de *setup* (BLACK, 1998).

Ainda de acordo com Black (1998), as empresas devem se atentar à chamada produção perdida decorrente da realização da troca de ferramentas de máquinas. Nota-se que esta perda de produção não ocorre apenas no momento entre troca de lotes de produção, mas também nas etapas iniciais de produção do novo produto, uma vez que na maioria dos casos são necessários ajustes no ferramental da máquina (já em funcionamento) para se produzir sem defeitos. A figura 12 abaixo representa a perda de produção decorrente de um *setup*:

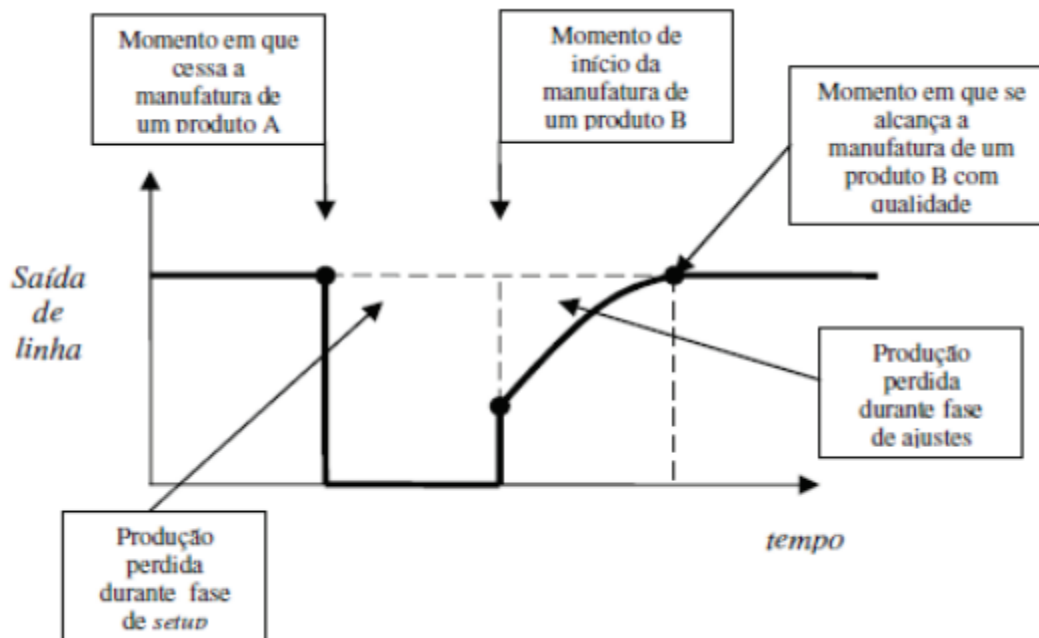


Figura 12: perda de produção decorrente do *setup* (BLACK, 1998).

Shingo (1985) propõe a seguinte definição de tamanhos de lotes, dada com base na indústria automobilística estudada:

- Lotes pequenos: 500 peças ou menos.
- Lotes médios: entre 501 e 5000 peças.
- Lotes grandes: mais que 5000 peças.

Assim, com a popularização de lotes pequenos nas empresas atuais, há consequências negativas geradas por tempos altos de *setup* e consequências contrárias geradas por baixo tempo de *setup* (MARDEGAN, 2006). Isto gera uma diferença fundamental na obtenção de vantagem competitiva pelas empresas, tornando o SMED necessário para a produção em pequenos lotes. As figuras 13 e 14 abaixo demonstram essas consequências:

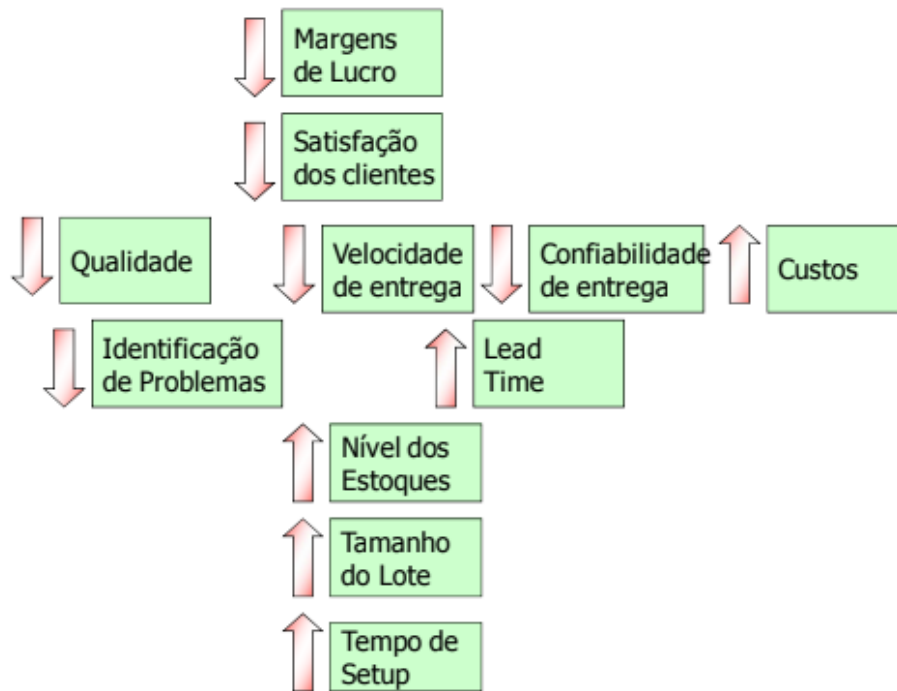


Figura 13: consequências geradas por altos tempos de *setup* (MARDEGAN, 2006).

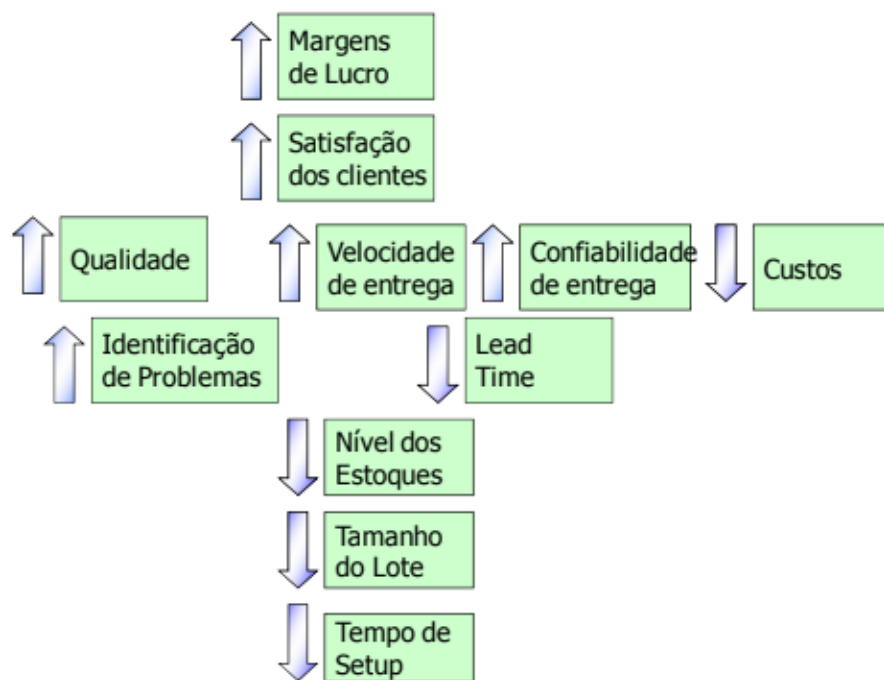


Figura 14: consequências geradas por baixos tempos de *setup* (MARDEGAN, 2006).

Deve-se notar que nas figuras de Mardegan (2006), os tempos de *setup* estão localizados na parte inferior da figura, representando um efeito cascata de consequências representadas pelos itens nas posições superiores das figuras, onde a consequência final é a maior (ou menor) margem de lucro para a empresa. Assim, o tempo de *setup* ser alto ou baixo é um indicador das consequências que as empresas enfrentarão em sua busca por vantagem competitiva, sendo estas consequências os quadros ao longo das figuras.

2.3.3. Cronometragem e Métodos de Padronização do Trabalho

O objetivo final do SMED é a redução da quantidade de tempo gasto com *setups*, obtida através da realocação de atividades entre períodos de máquina parada e máquina em funcionamento. Assim, é de fundamental importância que haja um estudo de tempos e de métodos de padronização do trabalho, a fim de simplificar as operações envolvidas e auxiliar a aplicação das técnicas do SMED.

Para fornecer a base de insumos necessária para a aplicação do SMED, deve ser realizado um estudo sistemático dos movimentos e tempos atrelados ao processo produtivo a ser analisado (TAYLOR, 2008). Taylor ainda define que deve existir um padrão de trabalho, realizado de acordo com a seguinte ordem:

1. Seleção de dez a quinze operadores envolvidos no processo produtivo a ser estudado.
2. Análise do ciclo de movimentos realizados pelos operadores, assim como análise dos instrumentos e ferramentas envolvidas em suas atividades e movimentos.
3. Cronometragem do tempo gado em cada um dos movimentos e atividades, selecionando os meios mais eficientes (em termos de tempo) de realiza-los.
4. Descarte de movimentos e atividades que não agregam valor (NAV) para o processo produtivo estudado.
5. Reunião e reorganização dos movimentos e atividades mais eficientes, a fim de substituir as atividades que não agregam valor (NAV) e padronizar os movimentos e atividades envolvidas.

O novo ciclo de movimentos e atividades definidos após este ciclo compõe o novo padrão de trabalho. De acordo com Taylor (2008), deve-se ainda realizar um estudo aprofundado para se selecionar quais as melhores ferramentas a fim de se realizar as medições necessárias para definição do novo padrão de trabalho. Todas as ferramentas devem ser analisadas e resumidas, a fim de que se possa ter apenas uma única ferramenta como padrão do processo, e não diversas ferramentas para se realizar uma mesma operação.

É necessário que um processo seja antes padronizado para que ele possa ser melhorado, caso contrário qualquer melhoria implementada irá se transformar em apenas uma variação a mais do processo, e invariavelmente será incorporada à desorganização deste processo

(LIKER, 2005). Sendo assim, a padronização das operações de trabalho são a base de qualquer projeto de melhoria e otimização de processos, e sempre que um defeito surgir, deve ser conduzida uma análise para se garantir que o padrão de trabalho estabelecido foi seguido. Com isso, caso o defeito tenha ocorrido com o correto seguimento do padrão de trabalho estabelecido, o processo deve ser alterado a fim de se evitar novos futuros erros similares.

2.3.4. Estágios de Aplicação do SMED

De acordo com Shingo (1985), a aplicação do SMED consiste de estágios conceituais, cada um com suas respectivas técnicas. Existem dois níveis distintos na aplicação do SMED, que são os estágios conceituais e as técnicas correspondentes aos estágios conceituais.

Na Figura 15 abaixo, Shingo represente uma visão geral dos estágios conceituais envolvidos na aplicação do SMED assim como as técnicas correspondentes a cada estágio:

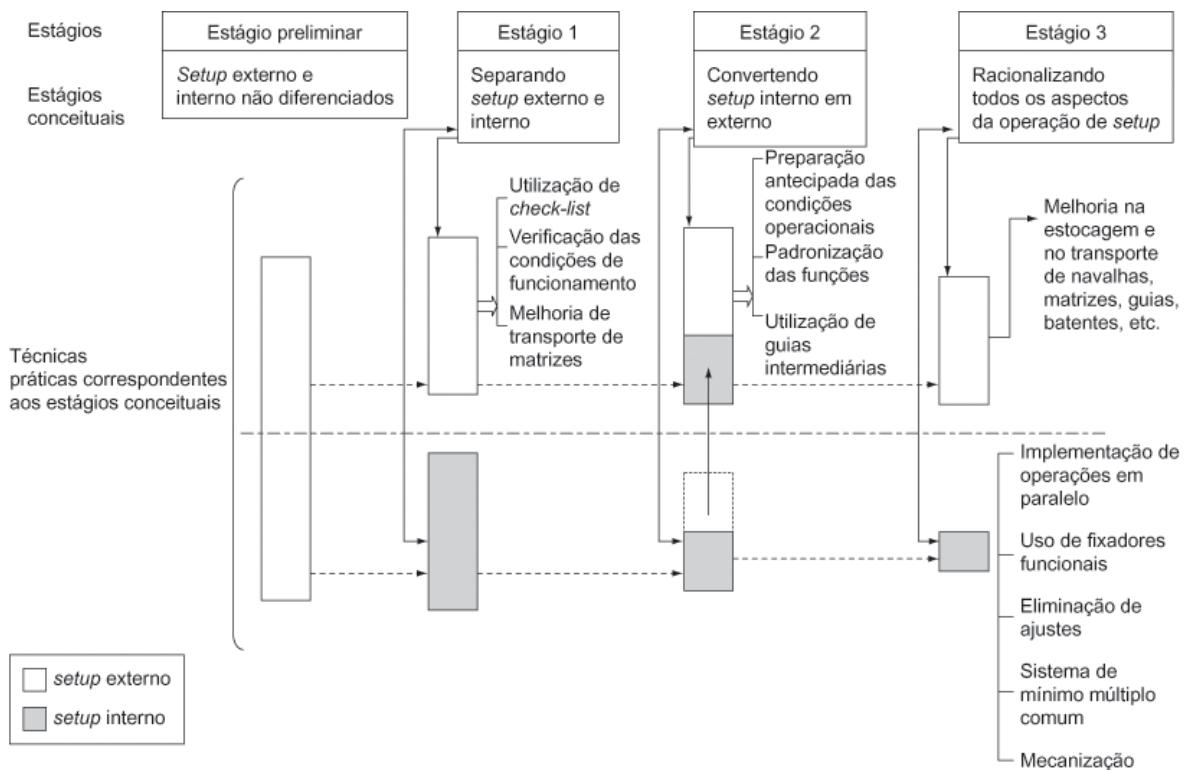


Figura 15: estágios da aplicação do SMED (SHINGO, 1985).

Segue a definição e detalhamento de cada um dos estágios conceituais, novamente de acordo com Shingo (1985):

1. Estágio preliminar: não há distinção entre *setup* interno e externo.

Não há distinção entre as atividades e operações de *setup* que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento das que tem de ser realizadas com a máquina parada. Esta fase tem a função de fornecer os parâmetros de tempo inicial das atividades necessárias para a realização de um *setup*. De acordo com Shingo (1985) a melhor maneira de se obter tais parâmetros de tempo é através de ferramentas como o cronômetro, do estudo do método, de entrevista com operadores e/ou análise de filmagem da operação. Ainda, observações e discussões informais com os trabalhadores geralmente são suficientes (SHINGO, 1985).

2. Estágio 01: classificando o *setup* interno e o *setup* externo.

Essa fase corresponde à organização das operações de *setup*, definindo-as como *setup* interno (aquelas realizadas com a máquina parada) de *setup* externo (aquelas realizadas com a máquina em funcionamento). Caso seja realizado um esforço científico para realizar o máximo possível da operação de *setup* como *setup* externo, então, o tempo necessário para o interno pode ser reduzido de 30 a 50%. Controlar a separação entre *setup* interno e externo é o passaporte para se atingir o SMED (SHINGO, 1985).

3. Estágio 02: transformação de *setup* interno em *setup* externo.

O estágio 01 não é suficiente para se atingir a meta do SMED, isto é, para se reduzir o tempo total de *setup* a menos do que 10 minutos. Deve se realizar um exame das operações de *setup* a fim de se verificar quais atividades que são realizadas no *setup* interno, que podem ser transferidas para o *setup* externo. Ainda, nota-se que muitas vezes é necessário adaptação de processos e desenvolvimentos de ferramental para que tal transferência seja possível.

4. Estágio 03: melhoria sistemática de cada operação e atividade do *setup*.

Este estágio, pela tradução oficial de seu livro em português, chama-se “racionalizando todos os aspectos do *setup*” (SHINGO, 2000). O objetivo do *single-minute* (dígito único) do SMED pode não ser alcançado pelos estágios 01 e 02, e portanto torna-se necessário a melhoria contínua de cada elemento que compõe o *setup*, tanto interno como o externo (SHINGO, 1985).

Shingo ainda estabelece técnicas para se executar todos estes estágios, conforme é apresentado na Tabela 02:

Tabela 02: estágios conceituais do SMED e técnicas associadas (SHINGO, 1985).

Estágio conceitual	Técnicas associadas
Estágio 1	Utilização de um <i>check-list</i> ; Verificação das condições de funcionamento; e Melhoria no transporte de matrizes.
Estágio 2	Preparação antecipada das condições operacionais; Padronização de funções; e Utilização de guias intermediárias.
Estágio 3	Melhoria na estocagem e no transporte de navalhas, matrizes, guias, batentes, etc; Implementação de operações em paralelo; Uso de fixadores funcionais; Eliminação de ajustes; Sistema de mínimo múltiplo comum; e Mecanização.

2.3.5. OEE e Ganhos Obtidos pelo SMED

A fim de se obter melhor entendimento dos resultados de seus esforços em busca da produtividade e eficiência no chão de fábrica, torna-se necessário para as empresas a adoção de indicadores industriais que consigam medir de maneira eficaz os ganhos (ou perdas) obtidos por suas ações de melhoria contínua. Quando se trata de medidas que buscam diminuir o tempo de *setup* das máquinas, o tempo economizado (em medida de segundos, minutos ou horas) é evidentemente um KPI (*key performance indicator*) incontestável. De acordo com Parmenter (2007), os KPIs podem ser representados pela combinação de um ou mais indicadores, e representam um conjunto de medidas focadas nos aspectos mais críticos para o desempenho satisfatório e atingimento dos objetivos organizacionais. Entretanto, a quantidade de tempo salva não é um indicador universal dentro do chão de fábrica, uma vez que há ações que melhoram a produtividade de determinado processo em sentidos diferentes do que diminuir o tempo de máquina parada.

A capacidade produtiva de uma máquina ou processo produtivo pode ser definido como “quantidade máxima de produtos finais e serviços que podem ser produzidos numa unidade produtiva, num intervalo de tempo” (MOREIRA, 2006). Segundo Heizer e Render (1995), “para muitas empresas, a medição da capacidade pode ser feita de forma direta. É o número máximo de unidades que podem ser produzidas em determinado tempo”. Devido a diversas perdas e desperdícios existentes, as empresas não conseguem manufaturar a 100% de sua capacidade produtiva.

Neste contexto, surge a necessidade de se haver um KPI que consiga medir e gerenciar a efetividade global de equipamentos e linhas de produção. Com este fim, foi desenvolvido por S. Nakajima em 1988 o OEE – *Overall Equipment Effectiveness* (em português, eficiência global de equipamento) – que indica a eficiência de um processo produtivo de acordo com as seis grandes perdas de eficiência presentes nas máquinas e células de produção. Sua particularidade é de que com este indicador, as perdas de produtividade ocultas também são consideradas a fim de se obter um maior grau de relevância relativa ao uso de equipamento (NAKAJIMA, 1988).

O OEE é um indicador poderoso para se interpretar o quão bem uma máquina ou equipamento está sendo utilizado em determinado processo, e deve ser utilizado na otimização dos processos produtivos do chão de fábrica. Entretanto, a coleta de dados é responsável pela assertividade dos resultados. Cada máquina e cada processo são diferentes, então o método de coleta de dados deve ser racionalizado e justificado para se obter o resultado desejado (NAKAJIMA, 1988).

De acordo com Nakajima (1988), as seis grandes perdas de eficiência podem ser classificadas em três critérios: performance, qualidade e disponibilidade. A relação entre estes critérios e as perdas é explicada pela Tabela 03 abaixo:

Tabela 03: as seis grandes perdas de eficiência (NAKAJIMA, 1988).

Critério	Perda	Razão (“6 grandes perdas”)
Disponibilidade	Perda de tempo de máquina em funcionamento	<ul style="list-style-type: none"> • Falhas e quebras de equipamento e máquina; • <i>Setup</i> de máquina e troca de ferramenta;
Performance	Perda de velocidade de funcionamento da máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade de máquina reduzida; • Pequenas paradas de processo;
Qualidade	Produtos defeituosos	<ul style="list-style-type: none"> • Rejeitos de processo; • Rejeitos pós-<i>setup</i>;

Desta maneira, o cálculo do OEE é dado pela multiplicação dos seguintes três critérios:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade}$$

Onde a eficiência de cada um destes três critérios pode ser obtida quantitativamente, a partir de medições e fórmulas. A eficiência da disponibilidade é obtida pela relação entre o tempo de operação e o tempo planejado de operação. A eficiência da performance (ou desempenho) é obtida pela relação entre o produto de o tempo de ciclo de um produto e o total de itens a ser produzido, e o tempo total de operação. A eficiência da qualidade é obtida pela relação entre o total de itens produzidos menos o total de itens com defeito, sobre o total de itens produzidos. Tais relações são sintetizadas na Figura 16 abaixo:

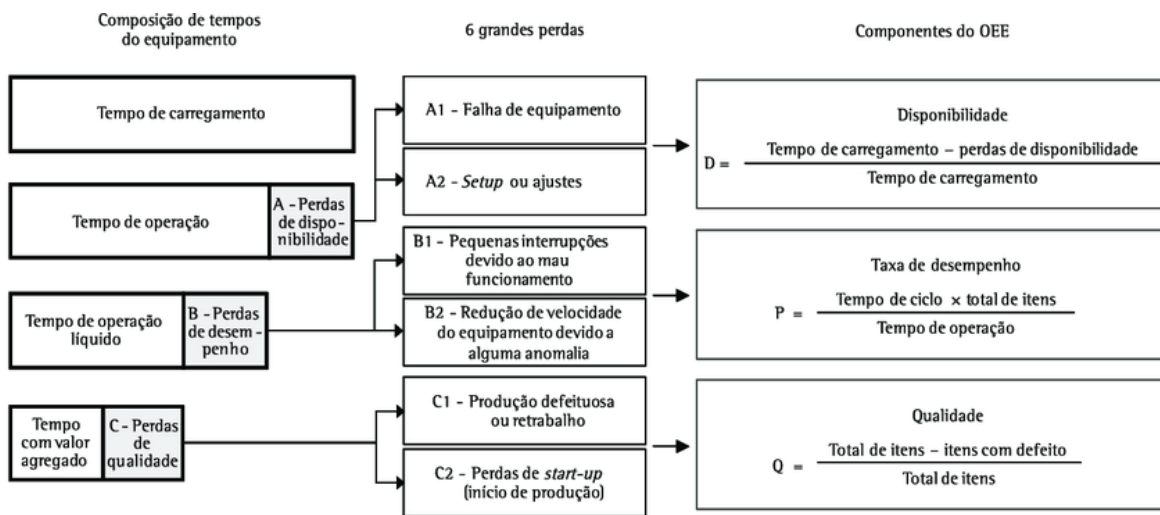


Figura 16: procedimento de cálculo do OEE (NAKAJIMA, 1988).

Assim, a aplicação do SMED nos processos produtivos das empresas afeta diretamente o OEE, através da melhora da eficiência da disponibilidade. A partir do redução dos tempos de *setup* entre lotes de produção, ainda há também a melhoria na eficiência da qualidade, uma vez que com a padronização e estudo de processos advinda da aplicação do SMED, haverá menores índices de peças defeituosas no início de produção, como citado na Figura 07.

2.3.6. Análise Crítica do SMED

A ferramenta SMED foi desenvolvida por Shingo em trabalho que durou 19 anos, impulsionado pela evolução do *Toyota Production System*. Em seu livro, o SMED é definido como “[...] abordagem científica para redução de setup, que pode ser aplicada em qualquer fábrica ou equipamento” (SHINGO, 1985).

Entretanto, há fatores passíveis de discussão a serem analisados na definição dada por Shingo. O primeiro é a utilização do adjetivo “científica” na definição, uma vez que, apesar do SMED ter nascido de práticas industriais, os dados apresentados em seu livro não receberam o devido tratamento estatístico, não apresentando as amostragens necessárias.

Seu livro traz diversas taxas de redução de tempo associadas às técnicas aplicadas no SMED, porém não há distinção entre o que é generalização do que realmente é ganho específico de cada técnica. Com isso, existem dúvidas sobre como Shingo chegou aos resultados apresentados.

Harmon e Peterson (1991) também criticam que o autor tenha focalizado sua obra para prensas e injetoras, enfoque este contido na própria sigla SMED. Apesar de os estágios conceituais do SMED podem ser aplicados em qualquer setor industriais, o livro de Shingo tem um forte direcionamento para o setor metalúrgico e mecânico.

A principal preocupação trazida pelo SMED foi alcançar uma meta de tempo em um dígito de minuto ou o menor tempo possível (ESROCK, 1985). A partir desta meta, foi resgatado o uso da cronometragem no chão de fábrica e o estudo do método de trabalho. Neste contexto, foi apontada a necessidade dos profissionais envolvidos na redução de tempo de setup de rever os conceitos de engenharia industrial, em especial, dos estudos de tempos e movimentos, para poder realizar o seu trabalho (SCHONBERGER, 1988; HALL, 1983; PATEL, 2001).

Outro ponto de discussão é o apontamento por Shingo (1985) de que o sucesso de uma redução de *setup* está vinculado à correta aplicação das técnicas dentro da sequência dos estágios conceituais. Diante da observação em diversos estudos de casos práticos, conclui-se que esta exigência não deveria ser tão rigorosa (GILMORE; SMITH, 1996).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Contextualização da Empresa e seus Processos Produtivos

Este trabalho foi desenvolvido em uma empresa localizada no interior do estado de São Paulo, na cidade de Valinhos-SP, entre os meses de Janeiro e Fevereiro de 2017. As informações apresentadas foram coletadas pelo autor, o qual teve participação direta no desenvolvimento do projeto na empresa durante o período citado.

A empresa é classificada como fazendo parte da Indústria Química, e atua no ramo de produção de sistemas de fechamento para fraudas. O principal produto fabricado pela empresa são fitas adesivas, daquelas que são aplicadas na secção lateral das fraudas, a fim de fechá-las e fixá-las. Dentro deste mercado, esta família de produtos é chamada de *SoftGrip* (fonte: empresa). Outros produtos são sistemas de fechamento mecânicos e frontais em tecido, e fitas adesivas industriais para diversos setores da indústria higiênica.

A linha de produção estudada para este estudo de caso é produção da fita adesiva básica para os produtos da família *SoftGrip*. Esta linha de produção foi a escolhida para o estudo por produzir o produto base responsável por mais de 70% do faturamento da empresa, estando assim em conformidade com o primeiro princípio do Mapeamento do Fluxo de Valor de Moreira e Fernandes (2001), que afirmam ser necessário a racionalização da escolha da linha de produção a ser mapeada.

A produção desta família de produtos é baseada na produção da fita adesiva, que serve como produto base a todos os demais produtos da família *SoftGrip*. A produção desta fita adesiva é composta por três etapas produtivas:

1. Revestimento do material base com substância colante: esta etapa é a principal atividade produtiva da empresa, sendo o processo puxador da linha de produção. O material base é o polipropileno (PP), que é revestido por substância colante de um lado, e por silicone comercial do outro. Nesta etapa, é utilizado um rolo de 2,01 x 6200m de polipropileno que é bobinado na entrada da máquina, e ao decorrer da chamada “*coaterização*” (adaptado da palavra inglesa *coater*, que significa revestimento) são aplicadas a substância colante e o silicone. À medida que o silicone e a substância colante são aplicados, no final da máquina a fita é rebobinada novamente, produzindo um grande rolo nas mesmas medidas (2,01 x 6200m) de fita adesiva. A aplicação do silicone é de grande importância por ser um material não aderente à cola, assim garantindo que o produto não cole em si mesmo, podendo ser utilizado de maneira correta.
2. Corte: nesta etapa, o rolo de fita adesiva de 6200 metros de comprimento e 2,01 de largura é fixado em uma bobina. Ao ser bobinado, passa por uma câmara de lâminas, sendo cortados nas dimensões de largura pedidas. Dimensão esta, inclusive, que

caracteriza o produto. Os produtos neste estágio são chamados de FT 100, FT 200, etc., sendo que este número é referência à largura (em milímetros) do rolo de fita. Ao final, os diversos rolos de fita gerados são rebobinados por duas bobinas, uma em posição superior na máquina cortadeira e a outra em posição inferior. Este processo será explicado em maiores detalhes na secção 3.2 deste estudo.

3. Laminação: nesta etapa são laminados os diversos rolos de fita produzidos e cortados, com a finalidade de se aumentar a resistência mecânica e a resistência à umidade do produto.

Desta maneira, desenhou-se o seguinte Mapa do Fluxo de Valor da Situação Atual da empresa, com a finalidade de se gerar uma visualização do processo global, auxílio na identificação de desperdícios, e promoção da linguagem comum para se tratar dos processos de manufatura, que são algumas das vantagens do MFV de acordo com Shooks (1999). A Figura 17 abaixo representa o Mapa do Fluxo de Valor da Situação Atual da empresa:

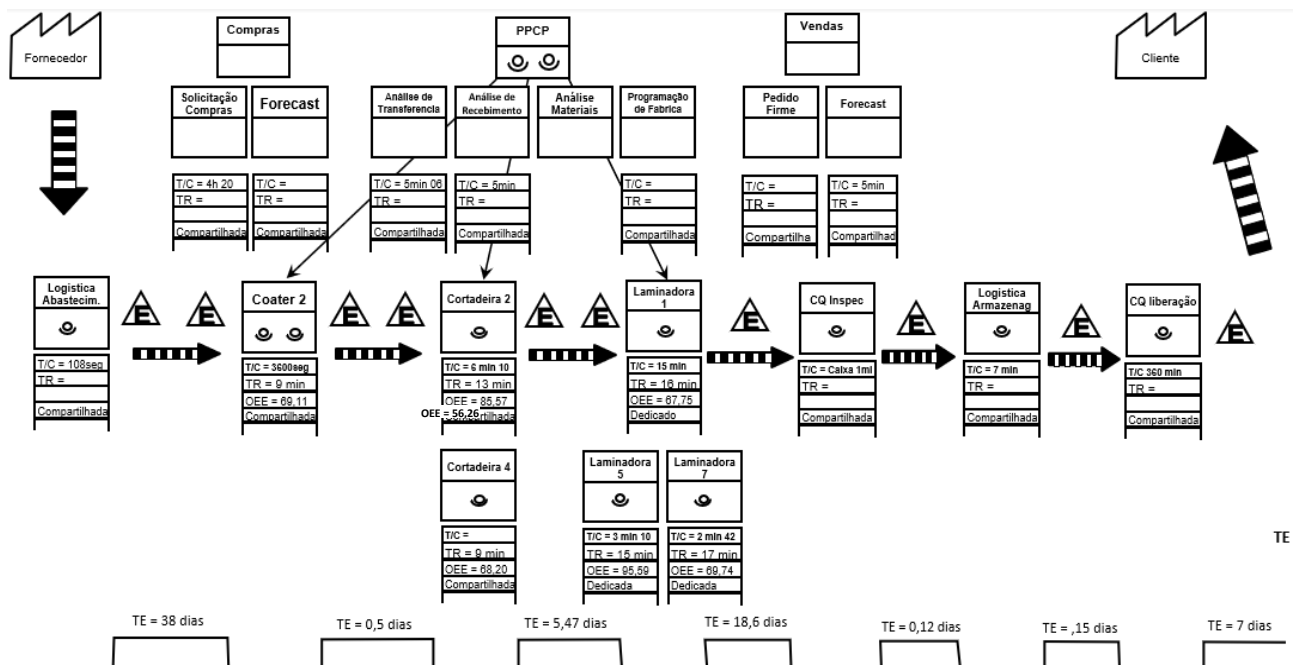


Figura 17: Mapa do Fluxo de Valor da Situação Atual (fonte: empresa).

Com o MFV da Situação Atual desenhado e o fornecimento da visualização de processo global e da linguagem comum para se tratar dos processos de manufatura, definiu-se que o foco do trabalho realizado seria na etapa de corte, buscando aumentar a eficiência global do equipamento (OEE).

3.2 Contextualização da Máquina Cortadeira 02

A escolha de se ter trabalhado com a etapa de corte, em especial com a máquina Cortadeira 02, se dá pelo baixo OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) do processo, e assim a identificação de geração de valor através da redução de desperdício identificada nesta etapa produtiva.

A razão pela qual se escolheu trabalhar especificamente com a máquina Cortadeira 02 foi o seu alto número de horas produtivas, totalizando 2.672,49 horas produtivas em 2016, sendo a máquina mais ativa do chão de fábrica da empresa. A máquina Cortadeira 02 é o modelo *Sapphire* da empresa *ASHE*. Este estudo conta com fotografias da máquina nos próximos parágrafos, a fim de se proporcionar melhor compreensão da mesma ao leitor.

Como pode se ver na tabela 04, os dados utilizados para cálculo do OEE da Cortadeira 02 em 2016 foram:

Tabela 04: desdobramento dos indicadores de OEE em 2016 (fonte: empresa)

Cortadeira 02 - desdobramento indicadores 2016										
mês	horas totais (hrs)	horas produtivas (hrs)	disponibilidade (%)	capacidade (m ²)	produzido (m ²)	performance (%)	produzido (kg)	scrap (kg)	qualidade (%)	OEE (%)
jan/16	433,86	314,41	72,47%	1.006.112,00	649.721,01	64,58%	71469,31	2945,60	95,88%	44,87%
fev/16	338,04	230,12	68,07%	736.384,00	638.606,89	86,72%	70246,76	2862,40	95,93%	56,63%
mar/16	384,36	253,53	65,96%	811.296,00	748.253,75	92,23%	82307,91	3123,60	96,20%	58,53%
abr/16	393,81	271,81	69,02%	869.792,00	770.167,30	88,55%	84718,40	3323,80	96,08%	58,72%
mai/16	341,87	236,54	69,19%	756.928,00	595.921,82	78,73%	65551,40	3135,40	95,22%	51,87%
jun/16	316,86	213,03	67,23%	681.696,00	574.698,29	84,30%	63216,81	2770,00	95,62%	54,20%
jul/16	325,67	154,09	47,31%	493.088,00	451.008,10	91,47%	49610,89	1719,80	96,53%	41,78%
ago/16	355,64	250,31	70,38%	800.992,00	710.049,86	88,65%	78105,48	2996,70	96,16%	60,00%
set/16	327,56	222,23	67,84%	711.136,00	617.775,94	86,87%	67955,35	2464,40	96,37%	56,80%
out/16	307,56	199,13	64,75%	637.216,00	629.428,30	98,78%	69237,11	2710,00	96,09%	61,45%
nov/16	294,28	210,53	71,54%	673.696,00	753.249,44	111,81%	82857,44	3053,10	96,32%	77,04%
dez/16	172,43	116,76	67,71%	373.632,00	343.302,41	91,88%	37763,26	1333,50	96,47%	60,02%
2016	3991,94	2672,49	66,95%	8.551.968,00	7.482.183,11	87,49%	823040,14	32438,30	96,06%	56,26%

Assim, o OEE da Cortadeira 02 em 2016 foi de 56,26%. Sua meta neste ano era de 73,00%. Deste modo, definiu-se que a Cortadeira 02 era um ponto crítico dos processos produtivos da empresa, uma vez que é a máquina que mais produz na empresa (maior número de horas produtivas), porém apresenta eficiência abaixo da meta. Com isto, conclui-se que existem diversos desperdícios como os definidos por Ohno (1997), e que estes devem ser atacados pela empresa em sua busca pela melhoria contínua.

Desta maneira, a fim de se buscar trazer o OEE para a meta de 73%, decidiu-se trabalhar na frente de disponibilidade da máquina, uma vez que a performance e a qualidade apresentavam níveis satisfatórios. Para se analisar o porquê da disponibilidade estar abaixo da meta, consultou-se o relatório de horas improdutivas da empresa. De acordo com a

empresa, a máquina Cortadeira 02 apresentou 1.319,44 horas improdutivoas em 2016. As horas improdutivoas da Cortadeira 02 em 2016 podem ser conferidas pela Tabela 05 abaixo:

Tabela 05: horas improdutivoas da Cortadeira 02 em 2016 (fonte: empresa).

Horas Improdutivoas (hrs) - Cortadeira 02 - 2016							
	Manutenção	Setup	Mat. Prima	PCP	Operador	Outros	Total
jan/16	3,17	68,50	4,00	8,00	27,37	8,42	119,45
fev/16	3,33	76,58	5,08	4,50	7,67	10,75	107,91
mar/16	8,33	81,25	4,42	4,67	8,08	24,08	130,83
abr/16	2,00	62,25	2,33	7,33	33,50	14,58	121,99
mai/16	7,25	51,17	14,33	4,50	3,00	25,08	105,33
jun/16	8,00	56,67	9,50	2,42	7,50	19,75	103,84
jul/16	0,00	38,42	9,17	17,33	81,17	25,50	171,59
ago/16	0,50	68,00	9,67	1,25	3,83	22,08	105,33
set/16	0,33	39,16	5,08	0,00	21,50	39,25	105,32
out/16	7,67	38,33	15,50	2,92	11,68	32,33	108,43
nov/16	0,00	44,33	6,42	0,67	9,08	23,25	83,75
dez/16	3,92	26,17	4,08	0,00	0,00	21,50	55,67
2016	44,49	650,83	89,58	53,59	214,38	266,57	1319,44
	3,37%	49,33%	6,79%	4,06%	16,25%	20,20%	-

Portanto, temos como os principais motivos para a baixa disponibilidade da Cortadeira 02 no ano de 2016:

- H.I. CÓD. 01: *Setup* – 650,83 hrs;
- H.I. CÓD. 13: Falta de operador – 214,38 hrs;
- H.I. CÓD. 11: Falta de matéria prima – 89,58 hrs.

Assim, percebe-se que o principal problema a ser atacado deve ser a questão do tempo de *setup* de máquina, responsável por 49,33% das horas improdutivoas da máquina.

Ainda, para se reverter o quadro de baixa produtividade global de equipamento (OEE) na empresa ainda foi realizado um Diagrama de Ishikawa (ou Espinha de Peixe), a fim de se entender as causas raízes deste problema. A Figura 18 abaixo ilustra as causas raízes identificadas:

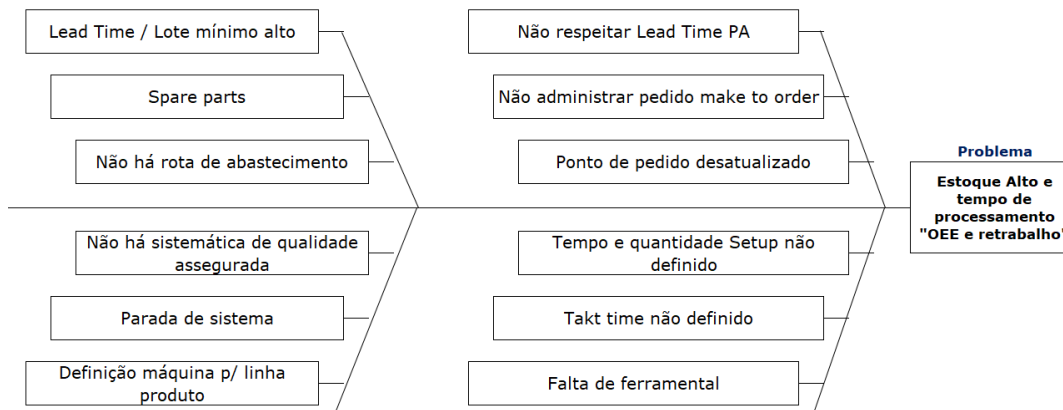


Figura 18: Diagrama de Ishikawa do problema de OEE (fonte: empresa).

Deve-se notar que uma das causas raízes definidas foi “Tempo e quantidade de *setup* não definido”. Este é um problema que foi identificado como prioritário para a empresa, uma vez que não haviam IT’s (instruções de trabalho) bem definidas para o *setup* das máquinas e nunca foram realizados estudos focados na redução do tempo de *setup* das mesmas.

Portanto, tendo definido a causa raiz do problema e o ponto de melhoria do processo identificado, será explicado em maiores detalhes o *setup* da máquina.

Como já citado, a Cortadeira 02 é composta por três bobinas (uma para bobinar na entrada da máquina, e duas para rebobinar na saída da máquina) e uma câmara de lâminas entre elas, que realiza o corte. Na primeira bobina, é fixado o rolo de fita adesiva de 6200m de comprimento e 2,01m de largura. Ele é bobinado, passando pela câmara de lâminas que cortam a fita adesiva em diversos rolos de fita mais estreitos, onde o *setup* da câmara de lâminas define a largura dos rolos de fita adesiva produzidos. Do lado de saída da máquina, há duas bobinas que rebobinam o material em diversos rolos de fita adesiva, tendo sua largura definido pelo *setup*.

As Figuras 19 e 20 abaixo são fotografias da máquina:



Figura 19: fotografia da entrada da Cortadeira 02 (FONTE: empresa).



Figura 20: fotografia da saída da Cortadeira 02 (FONTE: empresa).

Na Figura 19, pode-se ver a bobina de entrada junto com o rolo de fita adesiva de entrada, com as dimensões de 6200m de comprimento e 2,01m de largura. Ao ser bobinado e cortado, a fita adesiva é rebobinada em duas bobinas na saída da máquina, conforme visto

na Figura 20. São necessárias duas bobinas para que dois rolos de saída não enrosquem um com o outro, como aconteceria caso fosse utilizado apenas uma bobina.

Um ponto importante no *setup* da máquina é a montagem das bobinas de saída. Na montagem desta barra, existem dois elementos principais: o espaçador (material de plástico), e o *chuck*, peça metálica onde são fixados os tubetes (a peça de papelão, que encontra-se na parte interior de qualquer rolo de fita adesiva), e onde serão rebobinados os rolos de fita adesiva cortados. Deve-se notar que, como as ordens de produção variam em torno da largura dos rolos de fita adesiva produzidos (havendo rolos de 40mm de largura até rolos de 300mm de largura), o posicionamento dos espaçadores e dos *chucks* nas bobinas deve ser ajustado para cada ordem de produção nova, sendo assim parte fundamental do *setup* da máquina. O uso do *chuck* é necessário pois ele é uma peça mecânica que aguenta a pressão mecânica gerada pelo processamento da máquina. Na Figura 21 abaixo pode-se ver o desenho técnico desta peça:

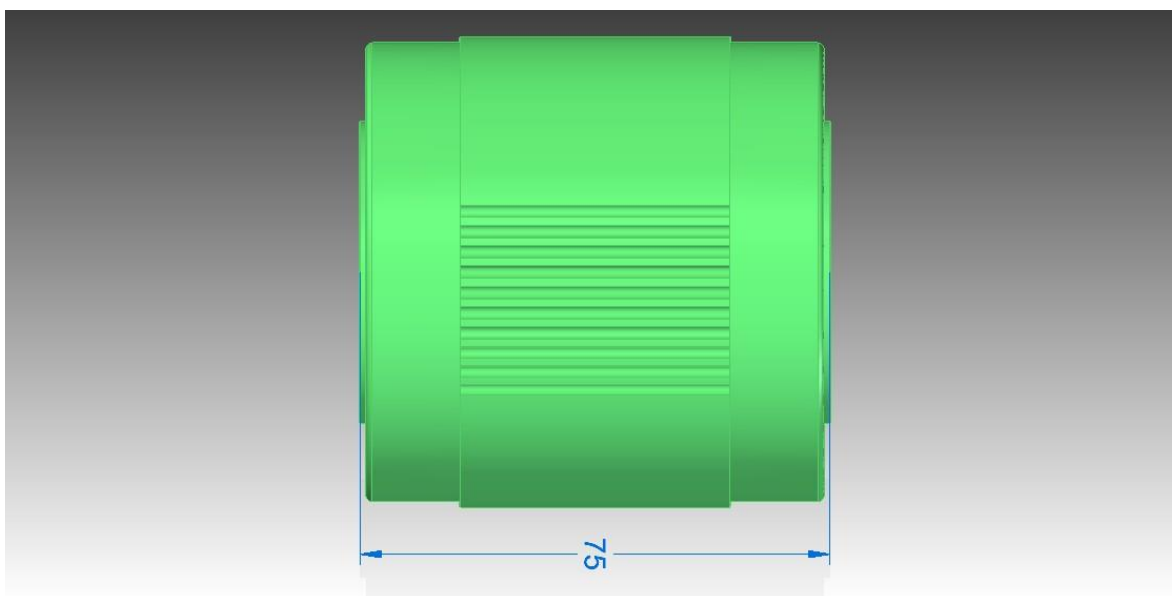


Figura 21: desenho técnico do *Chuck* (fonte: empresa).

Ainda, na Figura 22 abaixo se pode ver melhor a configuração das bobinas de saída da Cortadeira 02, a fim de se entender melhor seu *setup*.



Figura 22: composição das bobinas de saída da Cortadeira 02 (fonte: empresa).

Note que, na bobina superior, os *chucks* acompanham os pontos onde serão rebobinados os rolos de fitas adesivas, o que é a norma para todas as ordens de produção. Assim, deve ser constatado que a montagem da configuração das bobinas é um processo de *setup* intenso, sendo uma atividade que demanda alto tempo de *setup* e que assim pode ser classificado como um desperdício, de acordo com Ohno (1997).

3.3 Aplicação do SMED

A aplicação da ferramenta SMED na empresa estudada seguiu as instruções de Shingo (1985), passando por todas as etapas conceituais descritas no item “2.3.4 Estágios de Aplicação do SMED” deste estudo.

Previamente à aplicação desta ferramenta, os processos produtivos relacionados à Cortadeira 02 se classificavam no estágio conceitual “Estágio Preliminar” da metodologia de Shingo, onde não havia diferenciação entre o *setup* externo e o *setup* interno. Não havia um levantamento das atividades que compõem o *setup* da Cortadeira 02, e mesmo que algumas atividades eram realizadas com a máquina em funcionamento (existência de *setup* externo), o tempo de máquina parada devido ao *setup* interno ainda era extenso.

Assim, o primeiro passo na aplicação do SMED foi o Estágio 01 da metodologia de Shingo, utilizando-se a técnica de *check-list* para se levantar as atividades realizadas durante o *Setup* e classificando-as em *setup* interno e *setup* externo.

A Tabela 06 abaixo representa o *check-list* realizado para o levantamento das atividades que compõem o *setup* da máquina, com a medição dos tempos de cada atividade, assim como a classificação destas atividades em *setup* interno (deve ser realizado com a máquina parada) e *setup* externo (pode ser realizado com a máquina em funcionamento):

Tabela 06: *check-list* do *setup* da Cortadeira 02 com tempos (FONTE: empresa).

Cronoanálise de Setup - Cortadeira 2						
Data: diversas		Operador: diversos		Complexidade: diversos		
Produto antigo: diversos		OP: diversas		Tempo total: 01:05:00		
OPERAÇÃO			INÍCIO	TÉRMINO	TEMPO	SETUP
1	Novo ajuste de lâminas		00:00:00	00:04:10	00:04:10	
1-a	Desbloquear, elevar e realizar jateamento de ar		00:00:00	00:00:25	00:00:25	Interno
1-b	Ajustar número de lâminas OP, buscar lâmina e coloca-las/retirá-las		00:00:25	00:01:05	00:00:40	Interno
1-c	Ajustar distância para largura do produto		00:01:05	00:03:40	00:02:35	Interno
1-d	Fixação das lâminas e fechar câmera		00:03:40	00:04:10	00:00:30	Interno
2	Retirada do material antigo e colocar material novo		00:04:10	00:30:40	00:26:30	
2-a	Colocar carrinho e retirar bobina		00:04:10	00:05:30	00:01:20	Interno
2-b	Retira desbobinador do material, devolve-o a máquina		00:05:30	00:05:45	00:00:15	Interno
2-c	Pegar caixote e transportar material, trazendo na volta o material novo		00:05:45	00:09:10	00:03:25	Interno
2-d	Colocar desbobinador na bobina do material novo e colocar material novo na máquina		00:09:10	00:13:40	00:04:30	Interno
2-e	Corte de fita e emenda na fita antiga		00:13:40	00:16:40	00:03:00	Interno
2-f	Terminar atividades referentes a estocagem do material do último corte da antiga OP, trazer tubete maior		00:16:40	00:24:40	00:08:00	Externo
2-g	Rodagem da máquina para "limpar" material antigo e levar novo corte pra o bobinador		00:24:40	00:34:40	00:10:00	Interno
2-h	Colocar o bastãozinho no material novo e cortar fita		00:34:40	00:38:40	00:04:00	Interno
3	Montagem da nova barra		00:38:40	01:05:00	00:26:20	
3-a	Retirada de chucks e espaçadores		00:38:40	00:40:40	00:02:00	Interno
3-b	Busca novos espaçadores e chucks, procura posicionar nova montagem a partir da emenda realizada, realiza contas e tira medidas para ajustar, e gradualmente vai colocando nova montagem de chucks e tubetes		00:40:40	00:56:10	00:15:30	Interno
3-c	Pegar novos tubetes de acordo com nova dimensão do produto e emendar		00:56:10	01:00:10	00:04:00	Externo
3-d	Ajuste de tubetes à emenda para não desalinhar		01:00:10	01:03:00	00:02:50	Interno
3-e	Limpeza das antigas marcações e realização de novas		01:03:00	01:05:00	00:02:00	Interno
TOTAL DE TEMPO DO SETUP			01:05:00			
Tempo das atividades que podem ser externalizadas			00:12:00		Grau de complexidade do setup existe pois há setups para trocas de materiais onde apenas o material muda, e não o corte, o que encurta muito. Tem se que: 1 - corte permanece; 2 - corte muda para outro parecido; 3 - corte muda bastante	
Tempo das atividades mitigadas			-			
Total do tempo economizado			-			
% sobre o tempo total			-			

A respeito dos méritos estatísticos das cronometragens realizadas: foram medidos 8 trocas de *setup* ao total, sendo estes realizados por dois operadores diferentes, onde os resultados

demonstrados foram as médias destas medições (não houveram grandes *outliers*). Não foi possível cumprir os requisitos de cronometragem dos estudos de Taylor (2008) descritos na seção “2.3.3 Cronometragem e Métodos de Padronização do Trabalho”, onde ele define que para a realização de um padrão de trabalho, devem ser selecionados de dez a quinze operadores para a análise do processo a ser estudado. O não cumprimento deste requisito deve-se ao fato de que na empresa haviam apenas dois operadores familiarizados com o procedimento de *setup* desta máquina.

Assim, a tabela nos diz que o tempo total de *setup* da operação é de 01:05:00 (uma hora, cinco minutos e zero segundos), onde todas estas atividades inicialmente eram realizadas com a máquina parada (*setup interno*).

Ao se classificar as atividades entre *setup* interno e *setup* externo, notou-se que havia duas atividades que poderiam ser realizadas com a máquina em funcionamento, isto é, poderiam ser externadas. Estas atividades são: “2.f. - *Terminar atividades referentes a estocagem do material do último corte da antiga OP, trazer tubete maior*” e “3.c. - *Pegar novos tubetes de acordo com nova dimensão do produto e emendar*”, que totalizam 12 minutos em média.

Desta maneira, prosseguindo com a aplicação do SMED, na etapa “Estágio 02: transformação de *setup* interno em *setup* externo” da metodologia de Shingo (1985), foram realizadas novas instruções de trabalho para os operadores para que os mesmos realizassem a movimentação de tubetes necessária enquanto a máquina estivesse em funcionamento, para se minimizar o tempo de máquina parada.

Entretanto, deve-se notar que a transformação de *setup* interno em *setup* externo não cumpriu a meta definida do SMED de se trazer o tempo de *setup* total para menos de 10 minutos, havendo apenas uma redução de 01:05:00 para 00:53:00. Assim, foi necessária a aplicação da terceira fase da metodologia SMED “Estágio 03: melhoria sistemática de cada operação e atividade do *setup*”. É importante ressaltar que esta etapa não conta com ferramentas prontas, e cabe aos engenheiros envolvidos realizar um estudo aprofundado sobre todas as operações de *setup* a fim de se identificar pontos passíveis de melhoria.

Neste estudo, identificou-se a atividade de *setup* “3.b. *Busca novos espaçadores e chucks, procura posicionar nova montagem a partir da emenda realizada, realiza contas e tira medidas para ajustar, e gradualmente vai colocando nova montagem de chucks e tubetes*” como uma atividade que poderia ser melhorada. Esta etapa é aquela que corresponde à montagem da barra nas bobinas de saída da máquina, ocorrendo a troca dos *chucks* e dos espaçadores envolvidos no processo, como explicado na seção “3.2: Contextualização da Máquina Cortadeira 02”. Esta etapa teve tempo médio de duração de 00:15:30 (quinze minutos e trinta segundos).

Ao se realizar uma análise da atividade em questão, foram identificados pontos de melhoria. As principais razões para o tempo demasiado para a troca de barra das bobinas de saída foram:

- Não há instrução de trabalho definida para a troca da barra das bobinas de saída: operador atualmente realizada diversas medições e testes até que a montagem esteja correta para a nova OP (ordem de produção);
- Não há padronização dos espaçadores utilizados na montagem da barra nas bobinas: existem diversos espaçadores de diversos tamanhos, e operador tem de definir cada vez quais os espaçadores a serem utilizados em cada OP;
- Ambiente de armazenamento dos *chucks* e tubetes desorganizado: operador gasta tempo para encontrar as peças necessárias para o *setup*.

Deste modo, foram propostas as seguintes soluções para a resolução destes problemas e consequente diminuição do tempo desta tarefa:

1. Estudo das principais OP's da fábrica que passam pela Cortadeira 02, de modo a identificar quais as dimensões de espaçadores necessários para a realização do *setup* destas OP's.
2. Definição de novas instruções de trabalho, que definem previamente para o operador como será a montagem da barra das bobinas de saída, para que ele não necessite realizar mais medições e testes durante o *setup* (em conformidade com as técnicas associadas de Shingo descritas na Tabela 02 na seção “2.3.4. Estágios de Aplicação do SMED”: “*eliminação de ajustes*” e “*sistema de mínimo múltiplo comum*”).
3. Compra de novos espaçadores com dimensões definidas na solução 01, e organização do ambiente de trabalho com estes novos espaçadores de acordo com a ferramenta 5s.

Ao se implementar a solução 1, foram estudadas as seguintes OP's: *FT 100, FT 160, FT 200, FT 220-110, FT 300-100, RT 40, RT 50, RT 70, RT 120-40, TT 140, TT 150-70*, onde os números em cada OP representam a largura dos rolos de fita adesiva produzidos em milímetros. Estas ordens de produção representam cerca de 95% da produção da Cortadeira 02, garantindo assim a representatividade do estudo realizado. Ao se estudar a montagem da barra das bobinas de saída necessária para a produção destes produtos, definiu-se que seriam necessários apenas 06 tipos de espaçadores para o *setup* destas ordens de produção. As dimensões destes espaçadores são: 5mm, 12.5mm, 25mm, 35mm, 45mm e 65mm. Além disto, identificou-se que um espaçador único de 167.5mm de largura facilitaria todas as montagens de barra da Cortadeira 02. A Figura 23 abaixo ilustra os desenhos técnicos dos novos espaçadores a serem utilizados no *setup*:

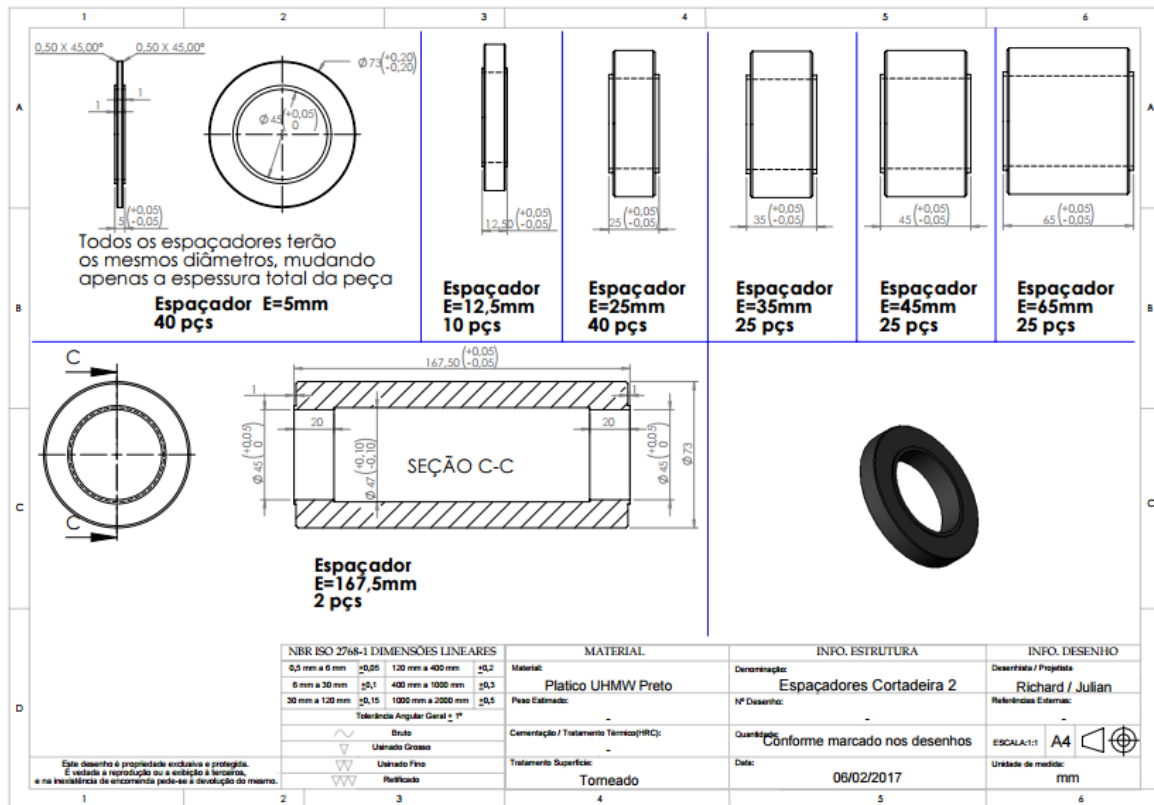


Figura 23: desenho técnico mecânico dos novos espaçadores (FONTE: empresa).

A solução 02 foi implementada a partir da definição de novas Instruções de Trabalho (IT), que definiam previamente ao operador como seria a montagem da barra da bobina de saída de acordo com a OP a ser produzida.

As figuras 24 e 25 abaixo ilustram a nova instrução de trabalho realizada para uma OP do tipo FT100, possibilitando a visualização do trabalho desenvolvido ao leitor:

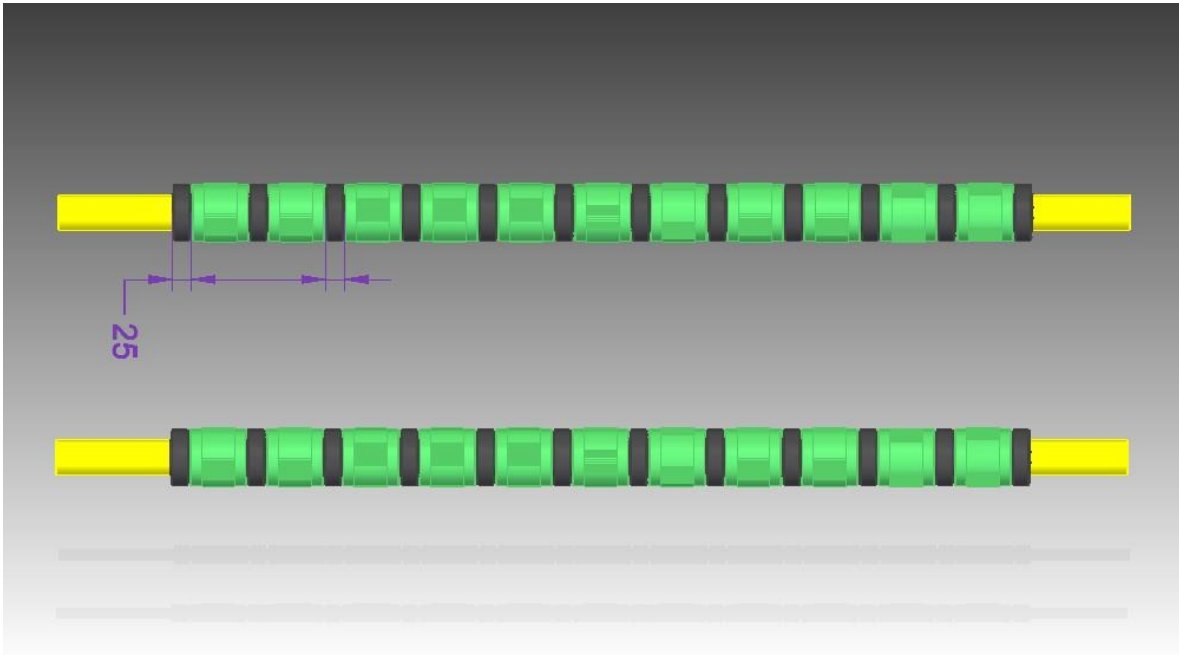


Figura 24: IT do *setup* para OP do tipo FT100 sem fita (FONTE: empresa).

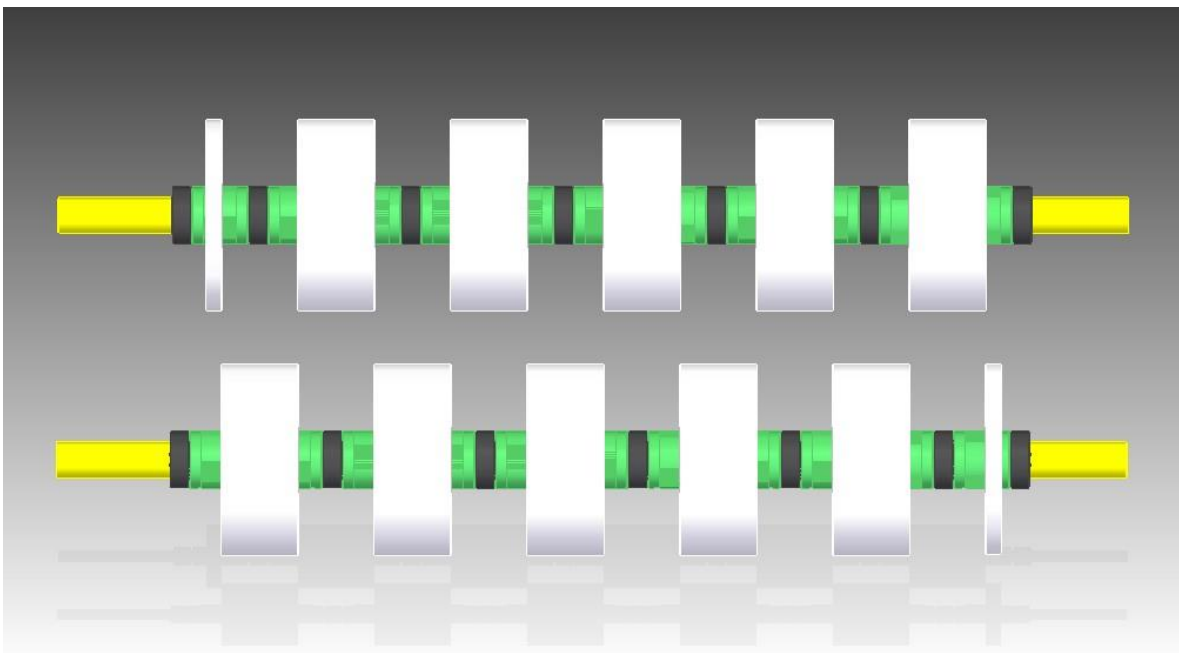


Figura 25: IT do *setup* para OP do tipo FT100 com fita (FONTE: empresa).

Nas figuras 24 e 25 acima, as peças verdes são os *chucks*, as peças cinzas escuras são os espaçadores utilizados e os rolos brancos na Figura 25 são os rolos de fita adesiva produzidos (de largura 100mm).

Estas IT's foram desenvolvidas para todos os principais produtos produzidos já citados, e apresentam grande valor para a empresa, uma vez que auxiliam na redução do tempo de *setup* da máquina através da redução do tempo de montagem da barra nas bobinas de saída. Estas novas IT's foram introduzidas ao sistema digital da empresa, sendo enviadas ao operador junto com as demais informações do PCP, estando disponível ao operador no computador de mesa que é disposto ao lado da Cortadeira 02. A Figura 26 abaixo é uma fotografia desta nova IT no computador ao lado da máquina:

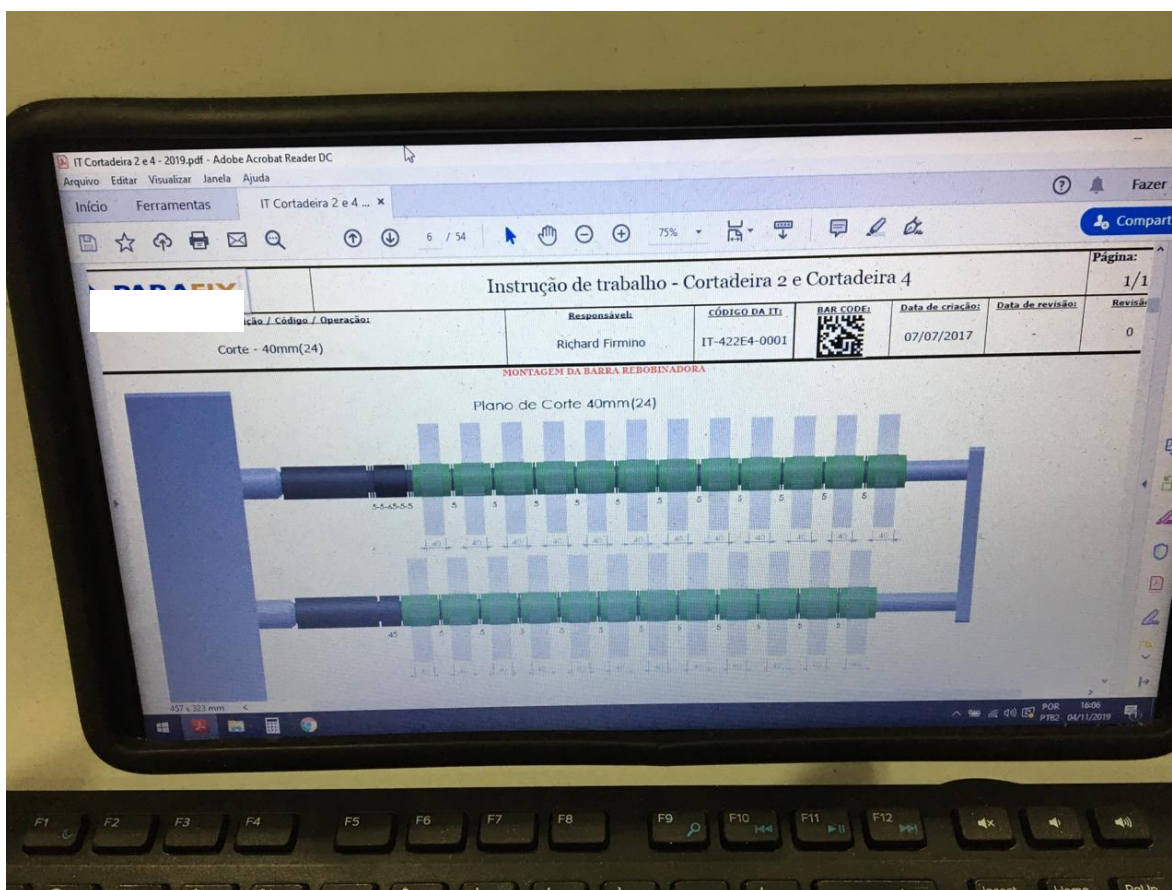


Figura 26: fotografia das novas IT's no computador de mesa (FONTE: empresa).

Por fim, para a implementação da solução 3, foi manufaturado dentro da empresa um carrinho móvel onde seriam dispostos os *chucks* e espaçadores necessários para a realização de todos os *setups* da Cortadeira 02. Ele está em conformidade com os pilares de *Seiri* (Utilização), *Seiton* (Organização), *Seiso* (Limpeza), *Seiketsu* (Padronização) e *Shitsuke* (Disciplina) da filosofia 5S de Hiroyuki Hirano e Takashi Osada, por ter bem definido qual o espaço correto para cada peça, eliminar os itens desnecessários (espaçadores antigos), promover um ambiente de trabalho limpo e padronizar as atividades de *setup*. A figura 27 é uma fotografia do carrinho manufaturado:

3.4 Resultados e Valor Obtido para a Empresa

A partir da aplicação da ferramenta SMED de Shingo (1985), houve-se duas consequências principais no procedimento de *Setup* da máquina Cortadeira 02 na empresa estudada:

- Transformação das atividades relacionadas ao movimento de tubetes de *setup* interno (realizado com a máquina parada) em *setup* externo (realizado com a máquina em funcionamento), gerando uma economia de 12 minutos no tempo de máquina parada por ciclo de *setup*.
- Redução da necessidade de ajustes na etapa de montagem da nova barra nas bobinas de saída (atividade que antes tinha duração de 15 minutos e 30 segundos), a partir da padronização de trabalho e do desenvolvimento de novas instruções de trabalho (IT's).

A partir das mudanças implementadas no processo de *setup* da máquina estudada, obtiveram-se os seguintes tempos de *setup* ilustrados na Tabela 07:

Tabela 07: nova medição dos tempos de *setup* da Cortadeira 02 (FONTE: empresa).

		Cronoanálise de Setup - Cortadeira 2			
Data: diversas		Operador: diversos	Complexidade: diversos		
Produto antigo: diversos		OP: diversas	Tempo total: 00:38:30		
OPERAÇÃO		INÍCIO	TÉRMINO	TEMPO	
1	Novo ajuste de lâminas	00:00:00	00:04:10	00:04:10	
1-a	Desbloquear, elevar e realizar jateamento de ar	Câmera de lâminas	00:00:00	00:00:25	00:00:25
1-b	Ajustar número de lâminas OP, buscar lâmina e coloca-las/retirá-las		00:00:25	00:01:05	00:00:40
1-c	Ajustar distância para largura do produto		00:01:05	00:03:40	00:02:35
1-d	Fixação das lâminas e fechar câmera		00:03:40	00:04:10	00:00:30
2	Retirada do material antigo e colocar material novo	00:04:10	00:30:40	00:26:30	
2-a	Colocar carrinho e retira bobina	Desbobinador	00:04:10	00:05:30	00:01:20
2-b	Retira desbobinador do material, devolve-o a máquina		00:05:30	00:05:45	00:00:15
2-c	Pegar caixote e transportar material, trazendo na volta o material novo		00:05:45	00:09:10	00:03:25
2-d	Colocar desbobinador na bobina do material novo e colocar material novo na máquina		00:09:10	00:13:40	00:04:30
2-e	Corte de fita e emenda na fita antiga	00:13:40	00:16:40	00:03:00	
2-f	Rodagem da máquina para "limpar" material antigo e levar novo corte pra o bobinador	Bobinador	00:16:40	00:26:40	00:10:00
2-g	Colocar o bastãozinho no material novo e cortar fita		00:26:40	00:30:40	00:04:00
3	Montagem da nova barra	00:30:40	00:38:30	00:07:50	
3-a	Retirada de chucks e espaçadores	Bobinador	00:30:40	00:32:40	00:02:00
3-b	Busca novos espaçadores e chucks, procura posicionar nova montagem a partir da emenda realizada, realiza contas e tira medidas para ajustar, e gradualmente vai colocando nova montagem de chucks e tubetes		00:32:40	00:35:10	00:02:30
3-c	Ajuste de tubetes à emenda para não desalinhar		00:35:10	00:36:30	00:01:20
3-d	Limpeza das antigas marcações e realização de novas		00:36:30	00:38:30	00:02:00

As medições de tempo trazidas na tabela acima foram obtidas a partir da média aritmética entre 8 medições de tempo de operações de *setup* da Cortadeira 02, realizadas pelos mesmos dois operadores das medições antigas.

Assim, como pode ser visualizado na tabela 07, o novo tempo de *setup* da máquina foi de 00:38:30 (trinta e oito minutos e trinta segundos). A atividade de montagem da barra, que antes tinha duração de 15 minutos e 30 segundos, agora apresenta duração de 2 minutos e 30 segundos, e a operação “3-c: ajuste de tubetes à emenda para não desalinhar” teve seu tempo de duração reduzido de 2 minutos e 50 segundos para 1 minuto e 20 segundos, decorrente da melhoria na qualidade da montagem devido às novas instruções de trabalho.

Portanto, a partir da aplicação do SMED obteve-se uma redução no tempo de *setup* passando de 01:05:00 para 00:38:30, uma redução de 40,77%. A partir desta redução de tempo de *setup*, o número de horas improdutivoas por *setup* em 2016, que foi de 650,83 hrs, teria sido 385,49 hrs considerando os novos tempos. Isto significa uma redução de 265,34 horas improdutivoas da Cortadeira 02 que poderia ter sido obtida naquele ano a partir da aplicação do SMED.

A Tabela 08 abaixo indica o número de horas improdutivoas da Cortadeira 02 em 2017:

Tabela 08: horas improdutivoas da Cortadeira 02 em 2017 (FONTE: empresa).

Horas Improdutivoas (hrs) - Cortadeira 02 - 2017							
	Manutenção	Setup	Mat. Prima	PCP	Operador	Outros	Total
jan/17	4,14	65,40	2,00	9,00	30,14	9,29	119,97
fev/17	2,49	45,17	7,09	5,00	8,31	11,23	79,29
mar/17	10,30	49,45	0,00	4,54	8,91	14,50	87,70
abr/17	2,43	37,12	5,60	8,32	20,32	17,83	91,62
mai/17	7,25	29,34	11,30	5,00	4,30	28,30	85,49
jun/17	9,32	30,13	12,30	2,42	9,00	11,29	74,46
jul/17	0,00	38,42	7,14	6,30	50,60	30,50	132,96
ago/17	0,00	68,00	9,67	8,32	4,59	23,49	114,07
set/17	0,60	22,67	7,32	2,30	32,40	25,23	90,52
out/17	7,12	22,78	13,40	4,53	10,03	40,32	98,18
nov/17	0,00	24,70	5,40	8,41	12,30	11,23	62,04
dez/17	4,56	13,49	5,32	1,24	21,43	30,31	76,35
2017	48,21	446,67	86,54	65,38	212,33	253,52	1112,65
	4,33%	40,14%	7,78%	5,88%	19,08%	22,79%	-

Deve-se notar que o novo número de horas improdutivoas da Cortadeira 02 em 2017 devido a *setup* foi de 446,67 hrs, uma redução de 204,18 hrs quando comparado ao número de horas improdutivoas da máquina em 2016. Ainda, deve-se ressaltar a queda do número de horas improdutivoas devido a *setup* durante o ano, havendo uma queda significativa a partir de jan/2017, data de implementação da ferramenta SMED.

Ainda, o desdobramento dos indicadores industriais da Cortadeira 02 em 2017 está disposto na Tabela 09 abaixo:

Tabela 09: desdobramento dos indicadores de OEE de 2017 (FONTE: empresa).

Cortadeira 02 - desdobramento indicadores 2017										
mês	horas totais (hrs)	horas produtivas (hrs)	disponibilidade (%)	capacidade (m ²)	produzido (m ²)	performance (%)	produzido (kg)	scrap (kg)	qualidade (%)	OEE (%)
jan/17	435,82	315,85	72,47%	1.010.720,00	843.451,01	83,45%	92779,61	3045,60	96,72%	58,49%
fev/17	341,23	261,94	76,76%	838.208,00	734.223,43	87,59%	80764,58	2432,43	96,99%	65,22%
mar/17	392,41	304,71	77,65%	975.072,00	767.243,45	78,69%	84396,78	2340,53	97,23%	59,41%
abr/17	410,43	318,81	77,68%	1.020.192,00	790.197,03	77,46%	86921,67	2357,23	97,29%	58,53%
mai/17	360,34	274,85	76,28%	879.520,00	900.323,32	102,37%	99035,57	2934,50	97,04%	75,77%
jun/17	308,43	233,97	75,86%	748.704,00	603.454,32	80,60%	66379,98	2394,60	96,39%	58,94%
jul/17	345,23	212,27	61,49%	679.264,00	620.535,80	91,35%	68258,94	1943,32	97,15%	54,57%
ago/17	360,23	246,16	68,33%	787.712,00	750.328,34	95,25%	82536,12	2344,40	97,16%	63,24%
set/17	305,32	214,80	70,35%	687.360,00	704.342,53	102,47%	77477,68	2043,64	97,36%	70,19%
out/17	324,40	226,22	69,73%	723.904,00	660.423,56	91,23%	72646,59	3005,69	95,86%	60,99%
nov/17	283,43	221,39	78,11%	708.448,00	680.234,64	96,02%	74825,81	3032,34	95,95%	71,96%
dez/17	189,43	113,08	59,69%	361.856,00	370.324,13	102,34%	40735,65	1293,52	96,82%	59,15%
2017	4056,70	2944,05	72,57%	9.420.960,00	8.425.081,56	89,43%	926758,97	29167,80	96,85%	62,86%

Portanto, percebe-se que o projeto de implementação da ferramenta SMED trouxe uma melhora significativa nos indicadores de OEE da Cortadeira 02, gerando um aumento da disponibilidade de 66,95% em 2016 para 72,57% em 2017. Tal mudança gerou um aumento na eficiência global da Cortadeira 02, passando de 56,26% em 2016 para 62,86% em 2017.

Assim, a melhora nos indicadores de horas improdutivas e OEE trazidos pelas Tabelas 08 e 09 demonstra de forma inquestionável a eficiência da ferramenta SMED e das outras práticas de *Lean Manufacturing* na diminuição do tempo de *setup* de máquina e melhora na disponibilidade da máquina. Tais ferramentas foram de importância insubstituível para a obtenção dos resultados aqui trazidos, e agregam muito valor para as empresas em sua busca por vantagem competitiva.

A fim de se compreender o valor das ferramentas citadas para a empresa neste estudo de caso, fez-se uma análise econômica do projeto de redução do tempo de *setup* da Cortadeira 02.

Os recursos utilizados para a realização deste projeto foram:

- R\$ 5064,00, utilizados para a compra dos novos tubetes e para a manufatura do carrinho demonstrado na Figura 26.
- 6 semanas de trabalho de um estagiário (o autor deste estudo, que realizou o estágio voluntariamente, sem remuneração), contando com a supervisão do Engenheiro de Processos da empresa.

Os ganhos reais deste projeto foram:

- Redução de 204,18 horas de horas improdutivas em 2017 (em comparação com 2016) por *setup* na Cortadeira 02.

De acordo com os dados da empresa de dezembro de 2019, o custo da hora-máquina da Cortadeira 02 é de R\$ 485,01. Assim, multiplicando-se este custo de hora-máquina pelo número de horas improdutivas economizadas de 2016 para 2017, obtém-se o ganho de R\$ 99.029,34 apenas em 2017.

Ainda, realizando-se a conta do *payback time* do projeto e diluindo este ganho pelos 365 dias do ano, pode-se afirmar de que o projeto teve o ponto de *break even* após apenas 19 dias. Dentro da empresa estudada, o critério de decisão para a implementação ou não de um projeto que necessita de investimento como este é de que, para ser aprovada a sua implementação, o projeto deve apresentar um *payback time* menor do que dois anos. Fica claro, portanto, o valor gerado pelo projeto de aplicação de SMED e de outras ferramentas de *lean manufacturing*.

4. CONCLUSÃO

Em suma, a partir dos resultados obtidos pela empresa estudada em 2017 pode-se afirmar que o objetivo definido de se reduzir o tempo de *setup* da máquina Cortadeira 02 foi atingido, comprovando a importância de ferramentas de *Lean Manufacturing* como o SMED, MFV e 5S na redução de desperdícios e melhora de eficiência global de equipamento.

Neste estudo de caso, foram se utilizados ferramentas como o MFV da Situação Atual e o Diagrama de *Ishikawa* para se obter uma visão global dos processos produtivos da empresa estudada e se identificar quais são os pontos onde há maior geração de desperdício (no caso deste estudo, o desperdício identificado foi o tempo de *setup* da Cortadeira 02). Ainda, ressalta-se a importância dos estudos de Womack (1991; 2004) e Ohno (1997) que, a partir de seus ensinamentos sobre *Lean Manufacturing*, atividades que agregam valor ou não, e os 8 desperdícios, formaram a base de conhecimentos necessária para atividades de redução de custos e aumento de produtividade por parte das empresas.

Uma vez identificado que seria realizado um trabalho aprofundado para a redução do tempo de *setup* da máquina Cortadeira 02, outras ferramentas pertencentes ao *Lean Manufacturing* foram de grande valor para a obtenção dos resultados obtidos demonstrados neste estudo de caso. Inicialmente foi aplicada a ferramenta SMED de Shingo (1985), que guiou os atores deste projeto a utilizarem técnicas como *check-list* e cronometragem de *setup*, além de realizar a transformação de *setup* interno (com máquina parada) em *setup* externo (com máquina em funcionamento) das atividades relacionadas à movimentação dos tubetes, gerando economia inicial de 12 minutos por ciclo de *setup*.

Nos estágios mais avançados da implementação da ferramenta SMED, se estudou mais a fundo o processo de montagem das barras das bobinas de saída da máquina estudada, utilizando as técnicas de Shingo (1985) e a mentalidade 5S de Osada (1992) para se reduzir o tempo demandado por esta operação, que antes levava 15min30s e após o projeto levou 02min30s, além de gerar diminuição no tempo despedido para ajustes (proveniente da maior qualidade obtida a partir das novas instruções de trabalho).

Deste modo, mesmo que não tenha sido possível alcançar o objetivo de tempo de *setup* definido por Shingo (1985), que busca tempo de *setup* menor do que 10 minutos, foi possível se gerar a diminuição do tempo de máquina parada por *setup* de 01hrs05min para 38min30s por ciclo de *setup*. Esta redução teve como consequência a redução de 204,18 hrs no número de horas improdutivas por *setup* em 2017, gerando aumento na eficiência global da Cortadeira 02 passando de 56,26% em 2016 para 62,86% em 2017. Estes resultados numéricos geraram um retorno financeiro de R\$ 99.029,34 somente no ano de 2017 para a

empresa, comprovando a importância e eficiência destas ferramentas para a obtenção de vantagem competitiva através da redução de custo para a empresa.

Entretanto, um ponto que deve ser ressaltado é a necessidade de alto nível de competência técnica por parte dos colaboradores da empresa envolvidos no processo de redução do tempo de *setup*. Isto porque uma vez que tenha sido realizada a transformação de *setup* interno em *setup* externo, o desenvolvimento de soluções com finalidade de se alcançar ainda maior redução do tempo de *setup* dependem da capacidade criativa e do entendimento do procedimento por parte dos engenheiros envolvidos. O desenvolvimento destas soluções é trabalhoso e, portanto, é necessário se ter senso crítico para não se desperdiçar esforços demais em troca de resultados inexpressivos.

Em linhas gerais, o projeto de redução do tempo de *setup* da Cortadeira 02 na empresa estudada foi um sucesso, obtendo redução de 40,77% no tempo de máquina parada cada ciclo de *setup*, resultado este que gerou melhora significativa nos indicadores de disponibilidade e OEE da máquina. Diante destes resultados, conclui-se que as ferramentas de *Lean Manufacturing* aplicadas neste estudo, como o Mapa de Fluxo de Valor, o SMED e o 5S, foram de tremenda importância para a empresa, gerando aumento de produtividade e redução de desperdícios no valor de quase 100.000 R\$ (cem mil reais) por ano, e assim sendo de essencial importância na estratégia de ganho de vantagem competitiva por custo praticada pela empresa. Portanto, pode-se afirmar que tais ferramentas em conjunto com a mentalidade *lean* são essenciais para as empresas nos dias de hoje em sua busca pelo aumento de produtividade e redução de desperdícios, pilares para as mesmas se manterem competitivas e proverem produtos com grande valor agregado para seus clientes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, A. de S. **Empresariado fabril e desenvolvimento econômico: empreendedores, ideologia e capital na indústria do calçado.** São Paulo: HUCITEC, 2006.

BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro.** Porto Alegre: Bookman, 1998.

Bonney, M. C., Zhang, Z., Head, M. A., Tien, C. C., & Barson, R. J.(1999). **Are push and pull systems really so different?.** International Journal of Production Economics, 59(1–3), 53–64.

BRAGA, R. **Fundamentos e Técnicas de Administração Financeira.** 1a Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

CAMPOS, V. F. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês).** 9a. ed. Nova Lima: Editora FALCONI, 2014.

ESROCK, Y. **The impact of reduced set-up time. Production and Inventory Management,** v.26, p. 94-101, 1985.

GILMORE, M.; SMITH, D. J. **Set-up reduction in pharmaceutical manufacturing: an action research study.** International Journal of Operations and Production Management. v. 16, n. 3, p. 417, 1996.

GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F. **Manufatura Enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras.** Gest. Prod. [online]. 2004, vol.11, n.1, pp.1-19.

HALL, R. W. **Zero Inventories.** Homewood: Dow Jones-Irwin, 1983.

HARMON, R. L.; PETERSON, L. D. **Reinventando a Fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática.** Campus. Rio de Janeiro, 1991.

HEIZER, J.; RENDER, B. (1995). **Operations Management.** 4th ed. New Jersey: Prentice Hall.

HINES, P.; TAYLOR, D. (2000). **Going Lean. A guide to implementation.** Lean Enterprise Research Center, Cardiff, UK.

HOPP,W.J.; SPEARMAN, M.L. **To pull or not to pull: what is the question?** Manufacturing and Service Operations Management, v.6, n.2, p.133-148, 2004.

JURAN, J.M. - **A Qualidade desde o Projeto**, São Paulo. Ed. Pioneira. 3 Edição. 1997. p 228.

KANNENBERG, G. (1994). **Proposta de Sistemática para Implantação de Troca Rápida de Ferramentas**. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1994.

LIKER, J. K. **O Modelo Toyota: Os 14 Princípios de Gestão do Maior Fabricante do Mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LUZ, A.A.C; BUIR, .R. **Mapeamento do Fluxo de Valor** – Uma ferramenta do Sistema de Produção Enxuta. In: XXIV ENEGEP - Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004.

MARDEGAN et al (2006). **Estudo de Caso de Implementação de Troca Rápida de Ferramenta em uma Empresa Metal Mecânica**. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de produção**. São Paulo: IMAM, 1984.

MOREIRA DA COSTA, J., HORTA, I., GUIMARÃES, N., FALCÃO E CUNHA, J., NOVOÁ, H., e SOUCASAUZ SOUZA, R. (2006, b). **Sistemas de Indicadores de Desempenho e Produtividade para a Construção Civil**. QIC. LNEC, Lisboa.

MOREIRA, M. P.; FERNANDES, F. C. F. **Avaliação do mapeamento do fluxo de valor como ferramenta da produção enxuta por meio de um estudo de caso**. ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 21 Anais, 2001.

MORÓZ, G. **Avaliação da aplicação da manufatura enxuta para a indústria moveleira**. 2009.105f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, Ponta Grossa, PR, 2009.

MOURA, R A. **Redução do tempo de setup: troca rápida de ferramentas e ajustes de máquinas**. 1a ed. São Paulo: IMAN, 1996.

NAKAJIMA, S. **Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)**. Productivity Press, Cambridge. MA, 1988.

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OSADA, Takashi. **Housekeeping, 5S's: seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke**. São Paulo: Instituto IMAM, 1992.

PARMENTER, D. (2007). **Key Performance Indicators: Developing, Implementing, and Using Winning KPIs**. John Wiley & Sons, New Jersey.

PATEL, S.; DALE, B. G.; SHAW, P. **Set-up time reduction and mistake proofing methods: an examination in precision component manufacturing**. The TQM Magazine. v. 13, n. 3, p. 175-179, 2001

PETTERSEN, J.: **Defining lean production: some conceptual and practical issues**. TQM Journal 21(2), 127-142, 2009.

RANDHAWA, J.S.; AHUJA, I. S. **Examining the role of 5S practices as a facilitator of business excellence in manufacturing organizations**. Measuring Business Excellence, v. 21, p. 191-206, 2017.

RICHARDSON, S.; STUCKER, I. & HEMON, D., 1987. **Comparison of relative risks obtained in ecological and individual studies: some methodological considerations**. International Journal of Epidemiology, 16: 111-120.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**. Tradução de Lean Institute Brasil. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SCHONBERGER, R. J. **Fabricação Classe Universal: as lições de simplicidade aplicadas**. São Paulo: Editora Pioneira, 1988.

SHAH, R., & WARD, P. T. **Defining and developing measures of lean production**. Journal of Operations Management, 25, pp.785-805, 2007.

SHINGO, S. (1985). **A Revolution in Manufacturing: The SMED System**. Portland, OR. Productivity, Inc.

SHINGO, S. **O Sistema de Troca Rápida de Ferramentas**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2000.

SILVER, E. A.; PETERSON, R. **Decision Systems for Inventory Management and Production Planning**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, 1985.

SLACK, N. et al (2008): **Administração da Produção**. Atlas, São Paulo.

TAYLOR, F. W (2008). **Princípios de Administração Científica**. São Paulo, SP, Atlas.

TUBINO, D. F. **Planejamento e controle da produção - Teoria e Prática**. São Paulo: 2ª. ed. Atlas, 2009.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: Elimine o desperdício e crie riqueza.** 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROSS, D. **The Machine That Changed the World.** New York: Rawson Associates, 1991.

YIN, R. K. **Estudo de Caso – Planejamento e Método.** 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.