

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS  
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA  
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA MECÂNICA

TÚLIO DANTAS FERREIRA

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE A UMA  
PRODUÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

MANAUS/AM

2021

ALUNO: TÚLIO DANTAS FERREIRA

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE A UMA  
PRODUÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

Trabalho de Curso apresentado como requisito  
parcial à obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Mecânica da Universidade do  
Estado do Amazonas (UEA)

Orientador: Prof. Arlindo Pires Lopes, Ph.D.

MANAUS/AM

2021

## Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).  
**Sistema Integrado de Bibliotecas da Universidade do Estado do Amazonas.**

F383a Ferreira, Túlio Dantas  
Aplicação da metodologia single minute exchange of die  
a uma produção de poliestireno expandido / Túlio Dantas  
Ferreira. Manaus : [s.n], 2021.  
53 f.: color.; 30 cm.

TCC - Graduação em Engenharia Mecânica -  
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2021.  
Inclui bibliografia  
Orientador: Arlindo Pires Lopes, Ph.D.

1. Lean Manufacturing. 2. SMED. 3. melhoria. 4.  
otimização. I. Arlindo Pires Lopes, Ph.D. (Orient.). II.  
Universidade do Estado do Amazonas. III. Aplicação da  
metodologia single minute exchange of die a uma produção  
de poliestireno expandido

TÚLIO DANTAS FERREIRA

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE A UMA  
PRODUÇÃO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi considerado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade do Estado do Amazonas (UEA) e aprovado em sua forma final pela comissão examinadora.

Manaus, 14 de julho de 2021

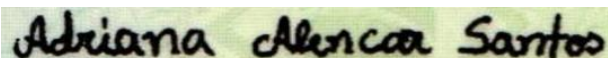
Banca examinadora:



Orientador: Prof. Arlindo Pires Lopes, Ph.D.



Prof. José Costa de Macêdo Neto, D.Sc.



Prof. Adriana Alencar Santos, M.Sc.

*Dedico este trabalho à minha família, por acreditar em mim sempre e em especial aos meus pais, exemplos de amor, carinho, honestidade e perseverança, modelos a serem seguidos.*

## **AGRADECIMENTOS**

Para elaboração e apresentação deste trabalho várias pessoas me ajudaram e me apoiaram de forma incondicional, e agradecer é o mínimo que eu posso fazer para demonstrar minha gratidão. Então, agradeço, primeiramente à Deus, por estar sempre comigo me dando a força necessária para seguir sempre pelo caminho correto e honesto da vida.

Agradeço também a todas as pessoas e entidades que contribuíram para que eu pudesse desenvolver e concluir este trabalho. E foram muitos os que, de alguma forma, direta ou indireta, deram essa contribuição.

Não posso furtar-me a registrar o meu agradecimento a todos os professores do Curso de Graduação em Engenharia Mecânica em especial ao Prof. Ph.D. Arlindo Pires Lopes orientador desse trabalho, a todos os funcionários e a Coordenação e aos meus colegas de curso, com os quais pude estabelecer uma convivência pessoal e intelectual ao longo de todo esse tempo.

Agradeço ainda a todas as pessoas que, na UEA, tornaram possível que eu pudesse fazer esse curso e realizar o meu trabalho de pesquisa.

Agradeço ainda aos meus pais, obrigados a conviver com as tensões, incertezas, angústias, momentos de frustração e de desânimo, sucedendo-se ao longo de meses e meses de estudo, e, por certo, afetando-os de algum modo. A eles dedico a minha alegria por chegar ao fim deste percurso.

A todos estes (e a todos aqueles que, por falha minha, não foram mencionados) o meu muito obrigado.

*“Uma paixão forte por qualquer objeto assegurará o sucesso, porque o desejo pelo objetivo mostrará os meios.”*

*(William Hazlitt)*

## RESUMO

A crescente necessidade em se manter de maneira competitiva no mercado faz com que as empresas busquem alternativas em eliminar os diversos desperdícios presentes em seu processo e uma ferramenta de grande valor para alcançar esse objetivo é o Lean Manufacturing. Com base nos conceitos dessa ferramenta o presente trabalho se iniciou com uma revisão bibliográfica acerca do tema e de suas ferramentas de suporte. Dentre essas ferramentas foi notória a importância da metodologia Single Minute Exchange of Die (SMED) e como ela seria de grande valor ao processo de fabricação de calços de poliestireno expandido (EPS).

Em seguida foi formado um grupo com vários setores envolvidos com objetivo de avaliar e verificar as possíveis melhorias que poderiam ser realizadas no processo. Foram realizados diversos levantamentos de tempo, de maneira manual e pelo histórico no sistema fabril. Com os tempos levantados e primeiras ações propostas, foi realizados reuniões com a equipe para discussão e validação de quais propostas de melhorias iram seguir a diante.

Com as melhorias selecionadas, partiu-se para a implementação e pode-se citar como as principais melhorias implantadas a otimização do fluxo de informação de setup, a padronização na atividade de troca de molde via ficha de instrução, melhoria nos componentes de montagem do molde e a organização nas ferramentas utilizadas na atividade.

Após as melhorias implantadas, foram levantados novos tempos e novas avaliações das atividades realizadas dentro do setup. Posteriormente foi realizado a análise nos dados de antes e após a implementação da metodologia na fábrica. Assim foi possível concluir a importância da utilização dessa ferramenta no processo e os ótimos resultados que com ela foram conquistados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lean Manufacturing, SMED, melhorias, otimização.



## **ABSTRACT**

The growing need to remain competitive in the market makes companies look for alternatives to eliminate the various waste present in their process and a tool of great value to achieve this goal is Lean Manufacturing. Based on the concepts of this tool, this work began with a literature review on the topic and its support tools. Among these tools, the importance of the Single Minute Exchange of Die (SMED) methodology was noteworthy and how it would be of great value to the process of manufacturing expanded polystyrene shims (EPS).

Then a group was formed with various sectors involved in order to assess and verify the possible improvements that could be made in the process. Several time surveys were carried out, manually and through the history of the manufacturing system. With the times raised and the first actions proposed, meetings were held with the team to discuss and validate which proposals for improvements will go ahead.

With the selected improvements, we went to the implementation and the main improvements implemented can be cited as the optimization of the setup information flow, the standardization in the mold change activity via instruction sheet, improvement in the mold assembly components and the organization in the tools used in the activity. After the improvements, new times and new evaluations of the activities carried out within the setup were raised. Subsequently, the analysis was carried out on the data from before and after the implementation of the methodology in the factory. Thus, it was possible to conclude the importance of using this tool in the process and the excellent results achieved with it.

**KEYWORDS:** Lean Manufacturing, SMED, improvements, optimization.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1 –</b>	Representação dos 7 tipos de desperdícios .....	23
<b>FIGURA 2 –</b>	Os 5 sentidos de limpeza e organização .....	25
<b>FIGURA 3 –</b>	O guarda-chuva da melhoria continua .....	27
<b>FIGURA 4 –</b>	Modelo de mapa de valor .....	28
<b>FIGURA 5 –</b>	Representação do ciclo PDCA .....	29
<b>FIGURA 6 –</b>	Esquema simplificado do 5W2H .....	30
<b>FIGURA 7 –</b>	Pit stop de fórmula 1 com os conceitos do SMED .....	31
<b>FIGURA 8 –</b>	Paços para implementação do SMED .....	32
<b>FIGURA 9 –</b>	Cronometro utilizada para medição do tempo de setup .....	35
<b>FIGURA 10 –</b>	Representação do fluxo atual de setup .....	37
<b>FIGURA 11 –</b>	Checklist de otimização utilizado pela equipe .....	38
<b>FIGURA 12 –</b>	Antiga área de armazenagem de moldes até momentos antes do setup .....	40
<b>FIGURA 13 –</b>	Modelo antigo de bloco manifold .....	41
<b>FIGURA 14 –</b>	Manifold flauta .....	41
<b>FIGURA 15 –</b>	Mangueiras de alimentação de matéria prima fixadas com abraçadeiras metálicas .....	42
<b>FIGURA 16 –</b>	Modelo de engate rápido adquirido .....	43
<b>FIGURA 17 –</b>	Tipo de maleta de ferramentas utilizada para setup .....	43
<b>FIGURA 18 –</b>	Modelo de carrinho com organizador utilizado .....	44
<b>FIGURA 19 –</b>	Fluxo de setup com ociosidade .....	45
<b>FIGURA 20 –</b>	Novo fluxo de informação de setup .....	45

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1 –</b>	Equipe para realização do projeto .....	34
<b>TABELA 2 –</b>	Principais atividades otimizados durante o SMED .....	39
<b>TABELA 3 –</b>	Novos tempos de setup .....	46

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>GRÁFICO 1 –</b>	Palavras chaves para execução do projeto .....	35
<b>GRÁFICO 2 –</b>	Tempo médio de setup por molde antes do SMED .....	36
<b>GRÁFICO 3 –</b>	Tempo médio de setup por molde após o SMED .....	47
<b>GRÁFICO 4 –</b>	Comparativo de tempo de antes e depois do SMED .....	48
<b>GRÁFICO 5 –</b>	Comparativo de antes e depois das atividades internas e externas .....	48

## LISTA DE ABREVIACOES

<b>VSM</b>	Value Stream Mapping
<b>SMED</b>	Single Minute Exchange of Die
<b>TPS</b>	Toyota Production Sistem
<b>EPS</b>	Expanded Polystyrene

## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO .....	16
1.1 – CENÁRIO DE APLICAÇÃO DO SMED .....	16
1.2 – PROBLEMATIZAÇÃO E HIPOTHESES .....	17
1.2.1 – PROBLEMATIZAÇÃO .....	17
1.2.2 – HIPOTHESES .....	17
1.3 – OBJETIVOS.....	17
1.3.1 – OBJETIVOS GERAIS.....	17
1.3.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
1.4 – JUSTIFICATIVA.....	18
2 – REFERENCIAL TEORICO .....	19
2.1 – HISTÓRIA .....	19
2.2 – TOYOTA PRODUCTION SYSTEM E O LEAN MANUFACTURING .....	20
2.3 – PRINCIPIOS DO LEAN MANUFACTURING .....	20
2.4 – OS SETE DESPERDÍCIOS .....	22
2.5 – FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING .....	25
2.5.1 – OS 5 SENSOS .....	25
2.5.2 – KAIZEN .....	26
2.5.3 – VALUE STREAM MAPPING (VSM) .....	27
2.5.4 – CICLO PDCA .....	29
2.5.5 – PLANO DE AÇÃO 5W2H .....	30
2.5.6 – SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED) .....	31
2.5.7 – CAMINHO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO SMED .....	32
3 – METODOLOGIA.....	33
3.1 – MÉTODO .....	33
3.2 – TÉCNICAS .....	33
3.3 – PROCEDIMENTOS .....	33
4 – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS .....	34
4.1 – MONTAGEM DE EQUIPE .....	34
4.2 – ANÁLISE DO CENÁRIO ATUAL .....	35
4.3 – DEFINIÇÃO DO ATUAL FLUXO DE SETUP .....	36
4.4 – MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES .....	37
4.5 – PRINCIPAIS MELHORIAS REALIZADAS .....	39

4.5.1 – ELIMINAÇÃO DO DESPERDÍCIO TRANSPORTE .....	39
4.5.2 – MELHORIA NA FIXAÇÃO DAS MANGUEIRAS DE ALIMENTAÇÃO DE MATERIA PRIMA .....	40
4.5.3 – MELHORIA NA FIXAÇÃO DAS MANGUEIRAS DE ALIMENTAÇÃO DE MATÉRIA PRIMA .....	42
4.5.4 – ORGANIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE SETUP .....	43
4.5.5 – PADRONIZAÇÃO DO FLUXO DE INFORMAÇÃO DE SETUP .....	44
4.5.6 – CRIAÇÃO DE FICHA DE INSTRUÇÃO PARA O SETUP .....	45
4.5.7 – PARAMETRIZAÇÃO DA MÁQUINA DURANTE O SETUP .....	46
4.6 – ANÁLISE DOS RESULTADOS APÓS A APLICAÇÃO DO SMED .....	46
5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	50
6 – REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	52

## 1 – INTRODUÇÃO

No mundo de hoje, vive-se em constantes pressões para conseguir a estabilidade no mercado de trabalho privado, onde é necessário reduzir margens de contribuição sem comprometer a qualidade de produtos, ou seja, visando produzir mais em menos tempo utilizando a menor quantidade de recursos possíveis.

Nesse cenário é importante a definição de estratégias que possam assegurar a capacidade da empresa em produzir em grande escala, com qualidade e, para melhor adequação ao mercado, com flexibilidade.

Com base nesses ideais surge o Lean Manufacturing, uma filosofia que se baseia em processos metódicos buscando a eliminação de desperdícios e a melhoria contínua dos processos de fabricação. O Lean Manufacturing pode ser considerado uma ferramenta que busca a otimização dos recursos disponíveis para se alcançar um objetivo final através de melhorias de processo.

Dentre as inúmeras ferramentas criadas no Lean temos o *Single Minute Exchange of Die* (SMED), uma ferramenta que tem como objetivo a redução do desperdício de tempo durante os setups de moldes ou linhas de fabricação e que foi concebida a partir de análises de dados onde era possível entender o alto índice de indisponibilidade gerada em cada setup de ferramenta e linha de produção. O SMED estudou todas as ações realizadas e externalizou o que era possível com o objetivo de manter o equipamento funcional enquanto era realizado a preparação dos equipamentos que iriam passar a produzir.

### 1.1 – CENÁRIO DE APLICAÇÃO DO SMED

Para validação da ferramenta do Lean Manufacturing foi escolhido uma produção de poliestireno expandido (EPS) popularmente conhecido como isopor. Para a fabricação das peças em EPS existe todo um fluxo a ser seguido que será explicado logo em seguida. Inicialmente a resina de EPS é carregada em bags para um equipamento conhecido como Pré Expansora e nele essa resina é enviada a um reator onde é injetado vapor e elevação de temperatura. Com o auxílio do vapor e a mistura que o reator realiza, a resina cresce de um diâmetro de 1mm até 4mm (valor que depende da densidade desejada). Posteriormente essa resina pré expandida é enviada a silos onde passa de 4 a 8 horas em maturação para que seja finalizada sua expansão, podendo atingir até 5,5mm de diâmetro. Com a maturação finalizada o EPS é enviado para os silos de processo e assim enviado para as máquinas. Na máquina injetora temos os



seguintes passos para até a obtenção da peça: injeção de material, aquecimento controlado com vapor, resfriamento do molde e extração. Com a peça obtida, há uma organização em carrinhos transportadores e enviado uma estufa para secagem e remoção da umidade. Finalmente as peças já sem umidade são embaladas e enviadas ao consumidor.

## 1.2 – PROBLEMATIZAÇÃO E HIPOTHESES

### 1.2.1 – PROBLEMATIZAÇÃO

Com todos os paços explicados anteriormente, é notório o desperdício de tempo que existe durante o setup dos moldes para a produção de EPS. Com base no conceito de setup que nos diz que é o tempo necessário desde a última peça boa produzida até a primeira peça boa produzida podia-se observar tempos de até 3 horas para conclusão dos setups realizados. O presente trabalho buscará trabalhar esse desperdício com a aplicação da metodologia SMED para otimização do tempo de setup.

### 1.2.2 – HIPOTHESES

**H0:** O SMED é uma metodologia que possibilita a análise da maneira que os setups de máquinas são realizados e foca na eliminação de atividades que não agregam valor e na ordenação das atividades.

**H1:** O SMED é uma metodologia permite maior flexibilidade, menor tempo de parada e respostas mais ágeis às solicitações do cliente.

## 1.3 – OBJETIVOS

### 1.3.1 – OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho tem como objetivo a implementação da metodologia Single Minute Exchange of Die em uma produção de poliestireno expandido visando a redução no tempo de setup (troca de molde) de tal maneira que integre todas as áreas envolvidas e o grande objetivo coletivo seja alcançado: aumento de produtividade e redução de desperdícios.

### 1.3.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Redução do desperdício tempo com a otimização da atividade de troca de moldes para atendimento a produção;
- Padronização das atividades de troca de moldes;

- Aumento da flexibilidade de produtos ofertados visto a economia de tempo ganha após a validação da ferramenta do Lean Manufacturing.

#### 1.4 – JUSTIFICATIVA

O mundo competitivo de hoje exige que as empresas procurem maneiras de se adequarem as variações mercadológicas, aumentando sua flexibilidade para poder se ajustar as demandas variáveis e conseguir reduzir ao máximo os desperdícios inerentes aos seus processos de manufatura. Uma grande ferramenta que possuímos para nos auxiliar nessa difícil empreitada é a utilização do Single Minute Exchange of Die para redução desses desperdícios.

## 2 – REFERENCIAL TEORICO

O termo *Lean* traduzido diretamente da língua inglesa significa enxuto e foi utilizado pela primeira vez Krafcik porém foi em “A máquina que mudou o mundo” escrito por Womack, Jones e Roos que esse tema foi aprofundado e teve suas ideias disseminadas com um estudo em volta de uma fábrica de automóveis.

Logo o termo *Lean* foi diretamente ligado a missão de eliminar os desperdícios existentes ao longo de um processo buscando atividades que agreguem valor ao produto que está sendo manufatura em uma determinada linha de produção, ou seja, atividade que o cliente está disposto a pagar.

### 2.1 – HISTÓRIA

Segundo da Cruz, os conceitos de Lean Manufacturing surgiram logo após o final da segunda guerra mundial na Toyota Motor Company que com o auxílio dos métodos implantados em suas linhas de produção criou o Toyota Production System (TPS).

Com o Japão em uma grande crise econômico gerado pela derrota na segunda grande guerra mundial, a Toyota se via atrás de seus grandes concorrentes europeus e americanos que tinham seus métodos de produção guiados pelo Fordismo, que segundo Reis é uma forma de produção em massa baseada na criação de uma linha de produção onde cada funcionário ou célula de funcionários é responsável por uma ação específica, atuando apenas em uma parte do desenvolvimento do produto acabado, porém não permitia a diversificação dos seus produtos e seguia a produção mantendo apenas um tipo de modelo.

Visto essa desvantagem no modelo de produção em massa e que tendo o conhecimento que o mercado japonês não conseguiria absorver toda a produção em larga escala desse sistema iniciou-se os estudos por um modelo alternativo de produção que conseguisse ser suficientemente competitivo com os modelos utilizados no restante do mundo.

Diante à dificuldade Eijii Toyota deslocou-se para os Estados Unidos para realizar estudos sobre o modelo que regia o mercado de produção automobilística e pode verificar que, segundo da Cruz, esse sistema encontrava-se estagnado, sem grandes evoluções e com grandes lacunas sobre seu futuro. Após seu regresso dos Estados Unidos, Eijii Toyota colocou seu homem de confiança, Taiichi Ohno, como responsável pelo desenvolvimento de um novo sistema de produção. Com base no

conhecimento sobre o Fordismo e a produção em massa que Ohno já possuía foi dado início ao surgimento do Toyota Production System.

## 2.2 – TOYOTA PRODUCTION SYSTEM E O LEAN MANUFACTURING

Não há como entender o Lean Manufacturing sem antes ter conhecimento do TPS ou Sistema Toyota de Produção.

De acordo com Dantas, esse sistema surgiu quando Eijii e Ohno chegaram a conclusão que a empresa japonesa não conseguiria alcançar os níveis de produção dos seus principais concorrentes, Ford e General Motors (GM), principalmente devido ao fato da crise econômica por qual o Japão atravessava e pela diferença de cultura entre os dois países.

Assim a empresa japonesa desenvolveu um método de produção que focava na redução de desperdícios, redução de tempo de fabricação, menor utilização de recursos, menor uso de capital e, principalmente, a possibilidade de customização do produto podendo assim oferecer aos seus clientes um grande índice de variedades.

O TPS permitiu que a empresa mantivesse um baixo volume de estoque e mesmo assim garantia a entrega de produtos dentro de prazos estipulados e de altíssima qualidade. Com a consolidação do sistema, muitas empresas no Japão passaram a adotar esse método, principalmente após a crise do petróleo no Oriente Médio, tornando-se um marco para a indústria automobilística.

Já consolidado no Japão, o TPS foi disseminado em grande escala no ano de 1990 com o livro “A Máquina que Mudou o Mundo” escrito pelo trio Womack, Jones e Roos. Foi nele que tivemos a ligação do TPS ao conceito de produção enxuta, termo mais utilizado hoje em dia.

## 2.3 – PRINCIPIOS DO LEAN MANUFACTURING

Com a consolidação do Lean Manufacturing, dois os conceitos ganharam força: *Just in Time* (JIT) e *Jidoka*, abaixo explicados:

*Just in Time*: Produzir a quantidade necessária, no tempo certo com a redução de desperdícios;

*Jidoka*: Podendo ser chamado de automação, consiste na capacidade da máquina ou do operador detectar condições anormais de funcionamento, paralisando o equipamento para que o desperdício seja evitado.

Com esses três conceitos consolidados, chegamos aos cinco pilares básicos que regem o Lean Manufacturing e sua implementação:

#### *Valor*

O valor é um conceito que somente pode ser definido pelo cliente final sendo uma das tarefas mais importantes da implementação da produção enxuta, pois com esse significado bem definido será possível entender as necessidades do cliente e assim satisfazê-la através de um produto de qualidade e com um preço que o consumidor esteja disposto a pagar;

#### *Fluxo de valor*

Aqui será definido todo o fluxo de atividades a serem realizadas para a obtenção do produto final. Essas atividades serão divididas em atividade que agregam valor ao produto, ou seja, atividades que o cliente está disposto a pagar, atividades que não agregam valor porém são indispensáveis ao processo e a qualidade do produto e há as atividades que não agregam valor a produção e são conhecidas como desperdícios, atividades que o Lean Manufacturing busca reduzir ao máximo em sua aplicação;

#### *Fluxo contínuo*

O Lean busca definir um fluxo de trabalho de maneira ininterrupta assim evitando paradas de matérias ao longo do processo ou até mesmo a criação de estoques intermediários. Com essa ação busca-se reduzir o tempo de concepção e montagem de um produto, processamento de inventários e pedidos e possibilitar que a empresa tenha uma resposta mais rápida as necessidades de mercado;

#### *Produção puxada*

Produzir na quantidade certa e de acordo com o tempo do cliente, com essa inovação o Lean manufacturing desafiou as grandes empresas a percorrerem o caminho inverso do que até então se era aplicado no mercado mundial e passar a entender o comportamento do cliente. Assim o cliente passou a ditar quando os produtos passavam a ser produzidos. Esse novo pensamento trouxe flexibilidade para os processos produtivos e assim ganharam a confiança dos seus clientes que passaram a realizar pedidos em volumes menores, porém com maior constância;

### *Busca pela perfeição*

Com todos os conceitos anteriores bem definidos dentro da empresa sendo o valor adequado ao cliente final, atividades de valor em evidência e desperdícios reduzidos ao máximo, um fluxo contínuo sem geração de estoques e movimentações desnecessárias e o cliente puxando a produção faz com que a companhia tenda a levar suas atividades aos melhores parâmetros possíveis de produção.

Além dos cinco conceitos que regem o Lean Manufacturing, também é necessário compreender e identificar o que é e quais são os desperdícios que existem dentro de uma companhia. Para tal ação existem inúmeras ferramentas que nasceram e se associaram ao Lean Manufacturing, sendo as principais: Kaizen, Single Minute Exchange of Die (SMED), os 5S, o Value Stream Mapping (VSM), Six Sigmas, entre outras. Todas essas ferramentas serão de extrema utilidade para a implementação do Lean Manufacturing, porém para entendê-las e conseguir aplicá-las de maneira eficiente é necessário entender bem o conceito e identificar os tipos de desperdícios.

#### 2.4 – OS SETE DESPERDÍCIOS

Um dos principais objetivos da cultura Lean é a redução do maior número possível de desperdícios que possa existir dentro de uma companhia para que as atividades sejam focadas em tarefas que agreguem valor.

Segundo Picchi, o desperdício é toda atividade que consome recursos e não agrega valor. Para que seja reconhecido os desperdícios, é de extrema importância o conhecimento geral e aprofundado do processo produtivo em análise pois existe uma grande quantidade de desperdícios que estão escondidos no meio da produção.

O Lean Manufacturing considera 7 grandes desperdícios como foco para buscar o combate e a otimização do processo, sendo eles: produção em excesso, espera, processamento desnecessário, grandes estoques, transporte, movimentação e defeitos. Abaixo será explicado de cada um desses desperdícios e como eles contribuem negativamente para um processo fabril.

Fig.1: Representação dos 7 tipos de desperdícios.



Produção em excesso: Trata-se de uma produção em altas quantidades, muitas vezes sem organização e com um baixo índice de planejamento. Nesses casos a empresa está “empurrando” seus produtos para o consumidor o que vai totalmente contrário aos pilares do Lean pois o cliente que deveria “puxar” a produção. Esse desperdício é considerado o principal pois a partir dele será gerado, conseqüentemente, os demais desperdícios por conta de sua desorganização;

Espera: É considerado espera todo equipamento ou pessoa que não está executando nenhuma atividade, seja no chão de fábrica ou no escritório visto que um dos pilares da produção enxuta é o fluxo contínuo (sem paradas). Dessa maneira o colaborador ou a máquina gera uma grande ineficiência ou ociosidade ao processo. O desperdício de espera é mais perceptível a nível de pessoas, seja esperando por algum documento ou material a ser entregue, ato que vem a ser eliminado com o lean;

Processamento desnecessário: São ações para produzir algo que não são necessárias, em outras palavras ações que não fazem falta ao processo ou são redundâncias desnecessárias. Um exemplo de processamento desnecessário é o tratamento estético em uma parte que não é visível do produto pois na maioria dos casos não será notado pelo cliente ou inclusão de um suporte para um determinado acessório que não é mais utilizado;

Transporte: Movimento de materiais de maneira excessiva ou desnecessários são um grande desperdício para qualquer empresa, seja internamente ou externamente.

Além, disso vai contra o pilar de fluxo contínuo. Exemplo de transporte indevido há acúmulos de matéria prima em um processo gerando estoque intermediário e distantes das linhas de produção onde serão consumidos;

Movimentação: Como o transporte indevido, a movimentação excessiva ou desnecessário de pessoas é um outro grande desperdício para uma empresa, pois além do desperdício de tempo também temos o desperdício monetário pois esse tempo são horas a menos de trabalho desse colaborador onde ele poderia estar realizando atividades que agreguem valor a empresa. Exemplo desse desperdício é quando o colaborador precisa coletar material em um estoque em posições muito distantes uma da outra;

Estoque Excessivo: Produzir de maneira exagera e sem a orientação do cliente do que ele pretendo consumir gerará um estoque enorme para ser gerido dentro da empresa e podemos fazer uma analogia da seguinte maneira: “estoque parado é dinheiro parado”, ou seja recursos que poderiam ser utilizados em projetos de melhorias, novas implementações e até mesmo em novos produtos está parado no pátio da empresa muitas das vezes sem previsão de ser vendido para que o investimento retorne. Com o conceito de produção puxada, a empresa primeiro receberá a demanda do cliente ou a previsão de acordo com estudos realizados com base no consumo do cliente e assim o estoque excessivo não existirá mais e haverá apenas uma estoque de segurança;

Defeitos: Por último e não menos importante temos um dos defeitos mais comuns e existentes nas empresas. Produzir um produto livre de defeitos para que essa atividade seja realizada apenas uma vez requer um grande desenvolvimento de processo. Ao gerar o defeito é utilizado recursos a mais, gasto tempo desnecessário e poderá gerar acúmulo de estoque pelo processo aguardando o retrabalho.

Dependendo da empresa e do tipo de produto que ela fábrica poderá existir outros tipos de desperdícios a serem combatidos, porém os citados acima são os de maior ocorrência e não muito simples de serem combatidos.

Visando a necessidade de extinguir esses desperdícios foram criadas inúmeras ferramentas de Lean Manufacturing que auxiliam os colaboradores a executarem suas atividades e buscarem a excelência com o melhor índice de produtividade que a empresa deseja. Abaixo será apresentado as principais ferramentas criadas para o combate ao desperdício e também será explicado de qual maneira elas auxiliam nesse combate.



## 2.5 – FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING

Com o crescimento do Lean Manufacturing, várias ferramentas foram sendo criadas para auxiliar no bom desenvolvimento da produção puxada. Com o objetivo de implementar o Single Minute Exchange of Die, será apresentado abaixo as principais ferramentas que também são necessárias para que o SMED seja bem executado e seu principal objetivo (redução no tempo de troca de ferramenta ou setup) seja alcançado.

### 2.5.1 – OS 5 SENSOS

Segundo Sanches os 5 sentidos ou apenas “5S” é uma ferramenta de melhoria contínua que está diretamente ligada a tudo relacionado a limpeza e organização. Foram criadas regras de limpeza e organização que facilitam e agilizam a execução das atividades baseado nas seguintes palavras originadas no Japão: Seiri, Seiton, Seisou, Seiketsu e Shitsuke.

Fig.2: Os 5 sentidos de limpeza e organização.



Seiri: O senso de utilização diz que primeiro é necessário definir os materiais que serão utilizados para realizar determinada atividade, assim se faz a eliminação dos materiais que não serão utilizados naquele dado momento e o colaborador terá disponível somente o necessário;

Seiton: Após a definição do material, o segundo passo é organiza-los de maneira simples e fácil de obtê-los pois assim não haverá desperdício de tempo procurando pelo material durante a execução da atividade. Um método muito utilizado para organização é usar espuma que seja possível desenhar o formato do material para que o reconhecimento tanto na hora de utilizar como na hora de guardar seja mais rápido;

Seisou: O terceiro S dos 5 sentidos se relaciona com a limpeza do local de trabalho. Um local limpo e agradável favorece para que o trabalhador consigo realizar suas atividades de maneiras mais rápida e com maior qualidade como também facilita para o próximo colaborador que irá realizar suas atividades nesse local.

Seiketsu: ou senso de saúde e higiene visa a melhoria da qualidade de vida, criando condições que favoreçam a saúde física, mental e emocional, a partir de práticas de higiene. O senso de higiene reforça a necessidade de uma mudança comportamental seja para cuidado da própria saúde do colaborador ou até mesmo da mente;

Shitsuke: O senso de autodisciplina, o quinto S da lista, é o mais difícil de ser implantado pois diz que é necessário rever se os 4 sentidos citados anteriormente estão sendo bem utilizados e respeitados. É comum em muitas empresas ocorrer auditorias mensais entre os setores para validar o segmento de todos os sentidos de organização e limpeza.

### 2.5.2 – KAIZEN

A ferramenta Kaizen (do japonês melhoria continua) é uma ferramenta amplamente utilizada para desenvolvimento de pequenas e grandes melhorias dentro de uma fábrica para que o objetivo de eliminar desperdícios seja alcançado.

Ao se analisar um cenário é comum que as pessoas buscam desenvolver grandes melhorias, porém o kaizen prega que com pequenas melhorias em grande quantidade podemos alcançar uma maior redução de desperdícios do que se fosse implantado uma única e grande melhoria.

Existem passos a serem seguidos para a implementação do kaizen e sua manutenção e o primeiro dele é a inclusão e o engajamento dos colaboradores da área onde será implantado a melhoria que seja mais fácil reconhecer os pontos a serem mudados, após

o reconhecimento são estudos esses pontos e traçadas as ações que serão seguidas. Após a implantação da melhoria existe a medição e avaliação da eficácia.

Fig.3: O guarda-chuva da melhoria continua.



Apesar do sucesso da melhoria implantada, a ação não acaba por aí pois como está no nome da ferramenta, a ação segue de maneira continua sendo estudada novamente e verificando os pontos onde podem ser melhorados.

### 2.5.3 – VALUE STREAM MAPPING (VSM)

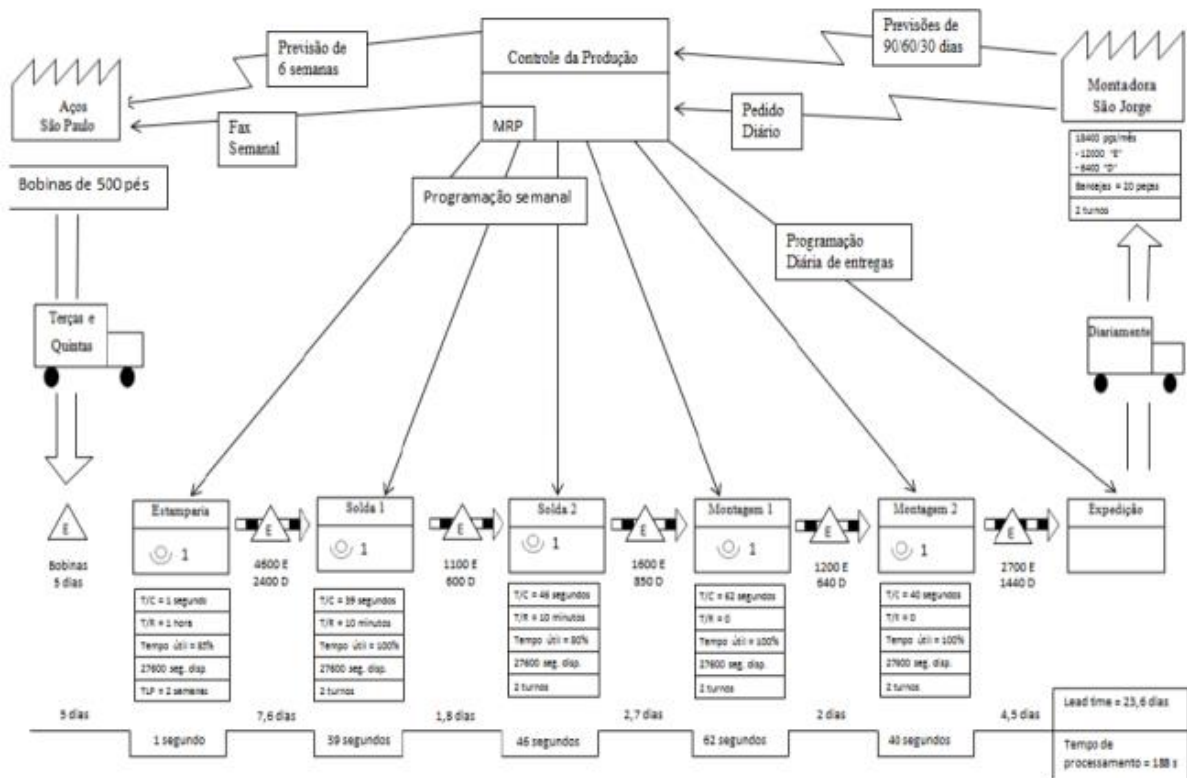
O Value Stream Mapping ou mapeamento por fluxo de valor, é a análise crítica do conjunto de todas as atividades que ocorrem desde a obtenção de matéria prima até a entrega ao consumidor do produto final. Sendo também, uma visualização gráfica de todo o processo, considerando o fluxo de material, tempos, métodos, esperas de modo detalhado ou macro, com a finalidade de desenhar o estado em que se encontra, ou que se objetiva atingir no futuro.

A meta base da utilização do VSM é eliminar, continuamente, qualquer tipo de desperdício a partir de uma visualização clara dos processos de manufatura, bem como suas diretrizes e parâmetros conhecidos.

Dentre os benefícios do VSM para o processo, podemos citar os seguintes:

- I. Visualização de mais do que simplesmente os processos individuais, pode-se enxergar o fluxo produtivo como um todo;
- II. Ajuda a identificar mais do que os desperdícios e sim as fontes desses;
- III. Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura;
- IV. Torna as decisões sobre o fluxo visíveis e de fácil discussão.
- V. De outro modo, muitos detalhes e decisões no chão de fábrica são tomadas sem prever todas as variáveis ou unilateralmente.
- VI. Mostra relação entre fluxo de material e de informação.
- VII. Permite uma análise quantitativa, descrevendo detalhes de como a unidade deveria operar para criar um fluxo coerente;
- VIII. Ajuda a definir o que precisa ser feito para se chegar à números desejados.

Fig.4: Modelo de mapa de valor.



O VSM é uma ferramenta útil para a identificação de desperdícios, no entanto apresenta algumas limitações, tais como a dificuldade em representar vários produtos de fluxos diferentes, não possui indicadores financeiros, como por exemplo o custo de

operação, despesas com stock, entre outros, não faz a apresentação do layout, não demonstra problema de transporte e filas de espera (Nogueira, 2010).

#### 2.5.4 – CICLO PDCA

O Ciclo PDCA é uma ferramenta da qualidade para gerenciamento e avaliação de melhorias. Com o PDCA é possível padronizar a avaliação das melhorias executadas e proporciona uma maior competitividade para empresa visto que com essa ferramenta a garantia da execução das ações é maior.

O ciclo PDCA é dividido em quatro etapas: Plan (planejar), Do (fazer), Check (avaliar) e Act (agir).

Fig.5: Representação do ciclo PDCA.



Plan: Nessa fase é traçado os objetivos, metas e identificado as causas que podem evitar que a ação seja realizada. Assim é gerado um plano de ação com as medidas corretivas;

Do: Com o plano de ação definido as medidas corretivas são executadas para correção dos problemas identificados;

Check: Fase onde as ações realizadas são avaliadas e validadas pelos setores envolvidos;

Act: Com todas as ações validadas são gerados os resultados de ganhos em cima delas e assim essas ações serão padronizadas para que possam ser replicadas.

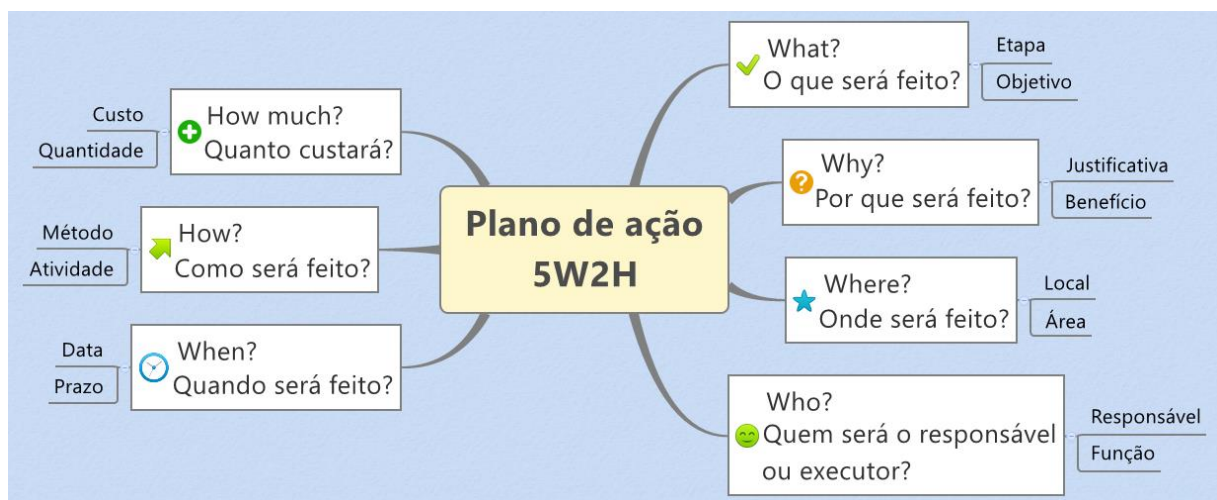
### 2.5.5 – PLANO DE AÇÃO 5W2H

Segundo De Paula, o plano de ação 5W2H é uma ferramenta do Lean Manufacturing apresentada em formato de checklist de atividades, prazos e responsabilidades que deve ser desenvolvido com clareza e eficiência por todos os envolvidos. O principal objetivo desse plano de ação é definir o que será feito, porque, onde, quem irá fazer, quando será feito, como e quanto custará.

Seu nome é originado a partir das iniciais das palavras em inglês abaixo descritas:

- Os 5W:
  - What (o que será feito?);
  - Why (por que será feito?);
  - Where (onde será feito?);
  - When (quando será feito?);
  - Who (por quem será feito?).
- Os 2H:
  - How (como será feito?);
  - How much (quanto vai custar?).

Fig.6: Esquema simplificado do 5W2H



Por ser uma ferramenta de uso simples, trazendo bastante objetividade para a execução da ação, a Matriz 5W2H costuma ser utilizada em áreas de gestão diversas.

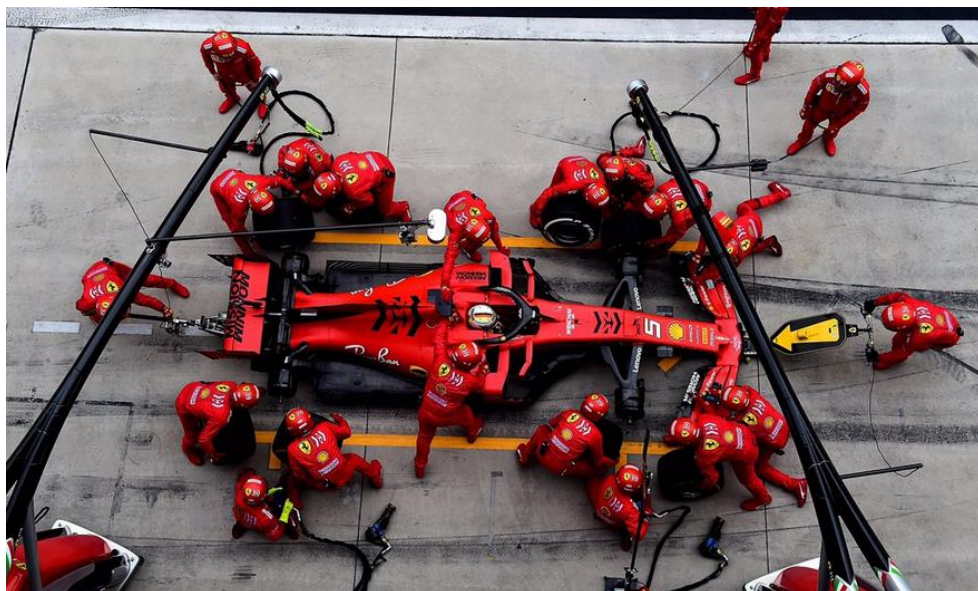
#### 2.5.6 – SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE (SMED)

Eliminar desperdícios é o grande desafio do Lean Manufacturing e um dos grandes desperdícios existentes no meio industrial é com o tempo. Seja fazendo uma atividade que não agregue valor ou gerando indisponibilidade. Assim surgiu a metodologia SMED.

Single Minute Exchange of Die ou troca rápida de ferramenta é um recurso criado por Shigeo Shingo em um convite feito para reduzir gargalos (pontos de desperdícios) na *Toyo Kogyo's Mazda*. Segundo Shingo grande parte do tempo era desperdiçado durante as trocas de ferramentas e moldes. Assim iniciou-se uma grande observação nas atividades que eram executadas e criado planos de ações para melhorar e otimizar tais atividades.

Shingo batizou sua nova ferramenta que obteve ótimos resultados na *Mazda* e é utilizada em massa até os dias de hoje. Um dos grandes exemplos da aplicação desse método é na Fórmula 1 onde as paradas para troca de setup têm, em média, 2 segundos de duração para que os pilotos não desperdicem tempo fora da pista.

Fig.7: Pit stop de fórmula 1 com os conceitos do SMED.



#### 2.5.7 – CAMINHO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DO SMED

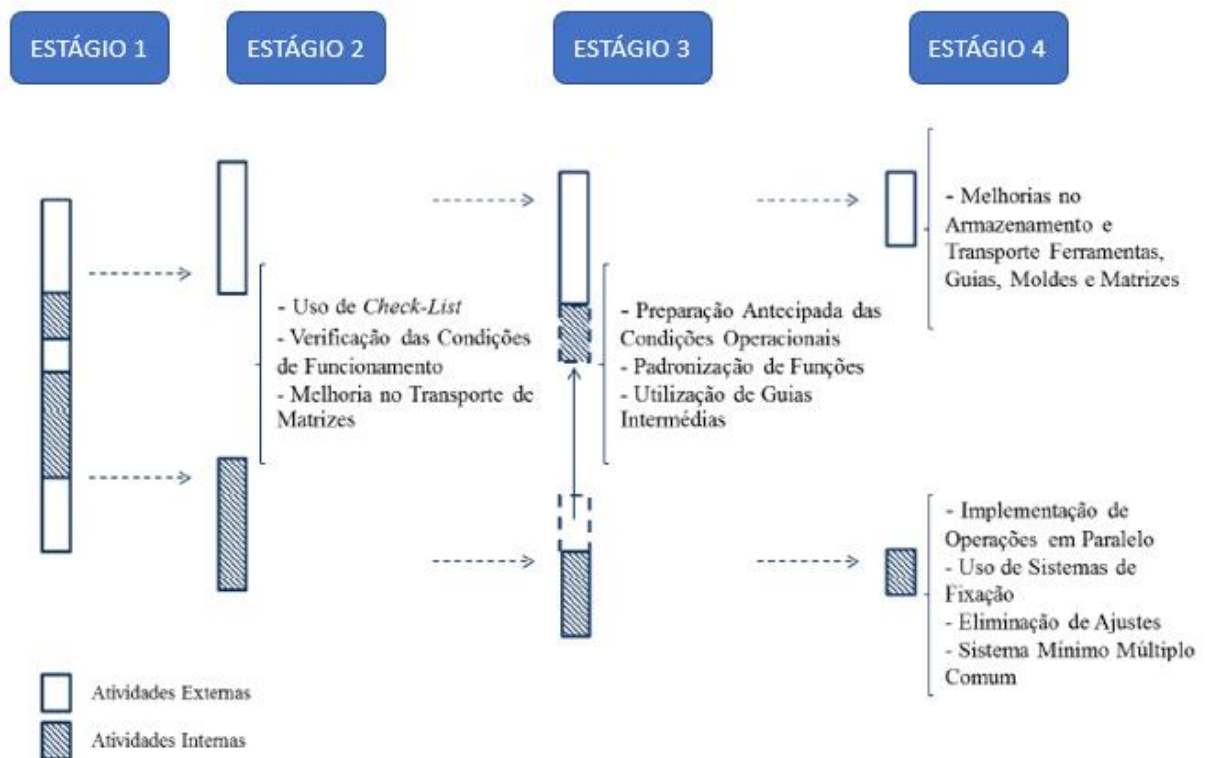
Primeiramente para a implementação da metodologia SMED Shingo acompanhou e anotou o procedimento de todas as ações que eram executadas na linha de montagem. Foi constatado que não havia distinção entre atividades internas, aquelas que só podem ser executadas diretamente no equipamento ou linha de produção fora de funcionamento, e atividades externas, aquelas que é possível que sejam realizadas fora da máquina ou linha de produção e que não necessitam estar paradas.

Shingo separou as atividades internas e externas e mensurou o tempo que cada uma levava para ser executada. Essa ação é considerada a mais importante para implementação do SMED pois é onde se tem todo o procedimento e tempo para execução do setup.

O terceiro estágio é transformar atividades internas em externas assim eliminando todas as ações desnecessárias que anteriormente precisam desligar a máquina além de otimizar as atividades internas que não foram possíveis de externalizar.

Com todas as ações citadas anteriormente, testadas e implantadas, o SMED entra na melhoria contínua e suas ações, internas e externas, são otimizadas.

Fig.8: Paços para implementação do SMED.





### **3 – METODOLOGIA**

#### **3.1 – MÉTODO:**

Adota-se neste processo o método dedutivo que parte de uma observação geral para o particular.

Conforme Lakatos e Marconi, (2007, p. 44) “Método é o caminho pelo qual se chega a determinado resultado ainda que esse caminho não tenha sido fixado de antemão de modo refletido e deliberado”.

Segundo Andrade, (2006, p.131), “Método Dedutivo é o caminho das consequências, pois uma cadeia de raciocínio em conexão descendente, isto é, do geral para o particular, leva à conclusão”. Nesse método, partindo-se de teorias e leis gerais, pode-se chegar à determinação ou previsão de fenômenos particulares.

#### **3.2 – TÉCNICAS:**

Conforme Andrade, (2006, p. 135) “as técnicas de pesquisa acham-se relacionadas com a coleta de dados, ou seja, a parte prática da pesquisa.”.

Segundo Andrade, (2006, p. 135) “Técnicas são conjuntos de normas usadas especificamente em cada área das ciências, podendo-se afirmar que a técnica é a instrumentação específica da coleta de dados”.

Lakatos e Marconi (2006, p.185) afirmam que “A pesquisa bibliográfica, ou de fonte secundária, abrange toda bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, desde publicação avulsa, boletins, jornais, revistas, livros, pesquisas, monografias, teses, material cartográfico, meios de comunicação orais”.

#### **3.3 – PROCEDIMENTOS:**

Conforme Lakatos e Marconi, (2007, p.223) “Procedimentos constituem etapas mais concretas da investigação, com finalidade mais restrita em termos de explicação geral dos fenômenos menos abstrato. Pressupõem uma atitude concreta em relação ao fenômeno e estão limitadas a um domínio particular. Nas ciências sociais os principais métodos de procedimentos são: históricos, comparativos, monográficos ou estudo de caso estatístico, tipológicos funcionalista, estruturalista.”.

Segundo Andrade, (2006, p. 135) “Consiste no estudo de indivíduos, profissões, condições, instituições grupos ou comunidade com finalidade de obter generalizações.”.

## 4 – ANÁLISE E INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

A proposta do presente trabalho surgiu com a necessidade de reduzir o tempo de troca de molde (setup) a partir da aplicação da ferramenta que surgiu a partir dos conhecimentos do Lean Manufacturing conhecida com Single Minute Exchange of Die (SMED). Para obtenção do resultado final foi avaliada a situação vigente do processo e mensurado os tempos de cada etapa do processo setup incluindo todas as equipes responsáveis pela atividade. A partir da análise preliminar foi levantada todas as ações praticadas durante a execução e observado as possibilidades de otimização com base nas técnicas do SMED. A abordagem com foco na eficiência do processo se desenvolveu conforme os tópicos que se seguem.

### 4.1 – MONTAGEM DE EQUIPE

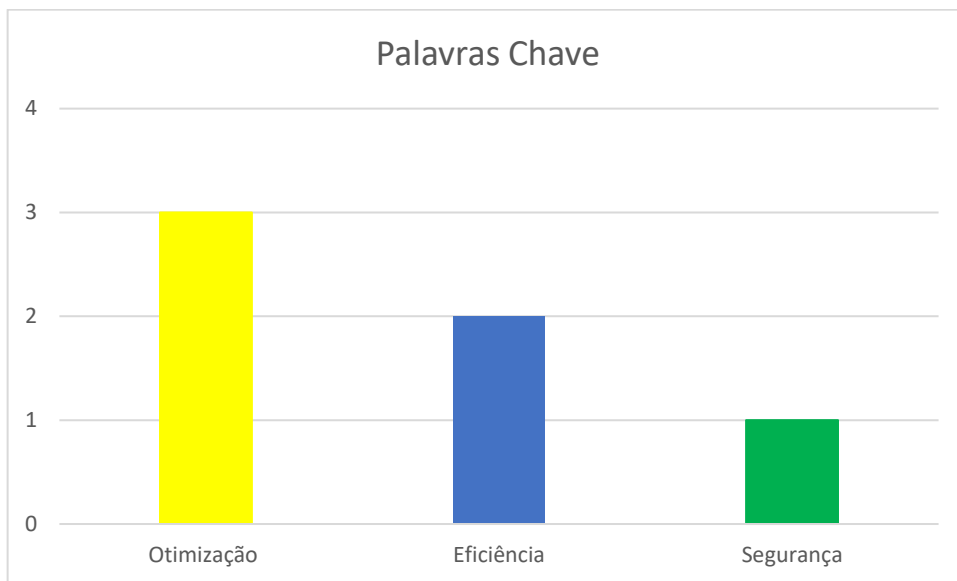
O projeto para implementação da metodologia SMED como também a equipe responsável pela ação foi apresentada a gerência de acordo a tabela abaixo:

Tabela 1: Equipe para realização do projeto

Equipe SMED EPS	
Recursos	Líder do Projeto
1 Engenheiro Jr de Processo	Eng. De Processo
1 Analista de Engenharia de Processo	Sumario da equipe
1 Analista de Manutenção/Ferramentaria	Engenharia: 2
1 Planejador de Produção	Manutenção: 1
1 Supervisor de Produção	Planejamento: 1
2 Trocadores de molde	Produção: 2
1 Operador Técnico de Produção	Ferramentaria: 2

Com a equipe montada foi iniciada a capacitação de todos os colaboradores com treinamento dirigido pela Engenheira de processo auxiliada pelo Analista de manutenção com o objetivo de que todos os colaboradores chegassem ao mesmo nível de conhecimento sobre a ferramenta SMED. Foram necessárias 3 sessões de treinamento para o início do projeto. Após a realização do treinamento foi solicitado a cada participante que descrevesse uma palavra chave para direcionar a execução do projeto, sendo as 3 mais mencionadas descritas no gráfico abaixo:

Gráfico 1: Palavras chaves para execução do projeto



#### 4.2 – ANÁLISE DO CENÁRIO ATUAL

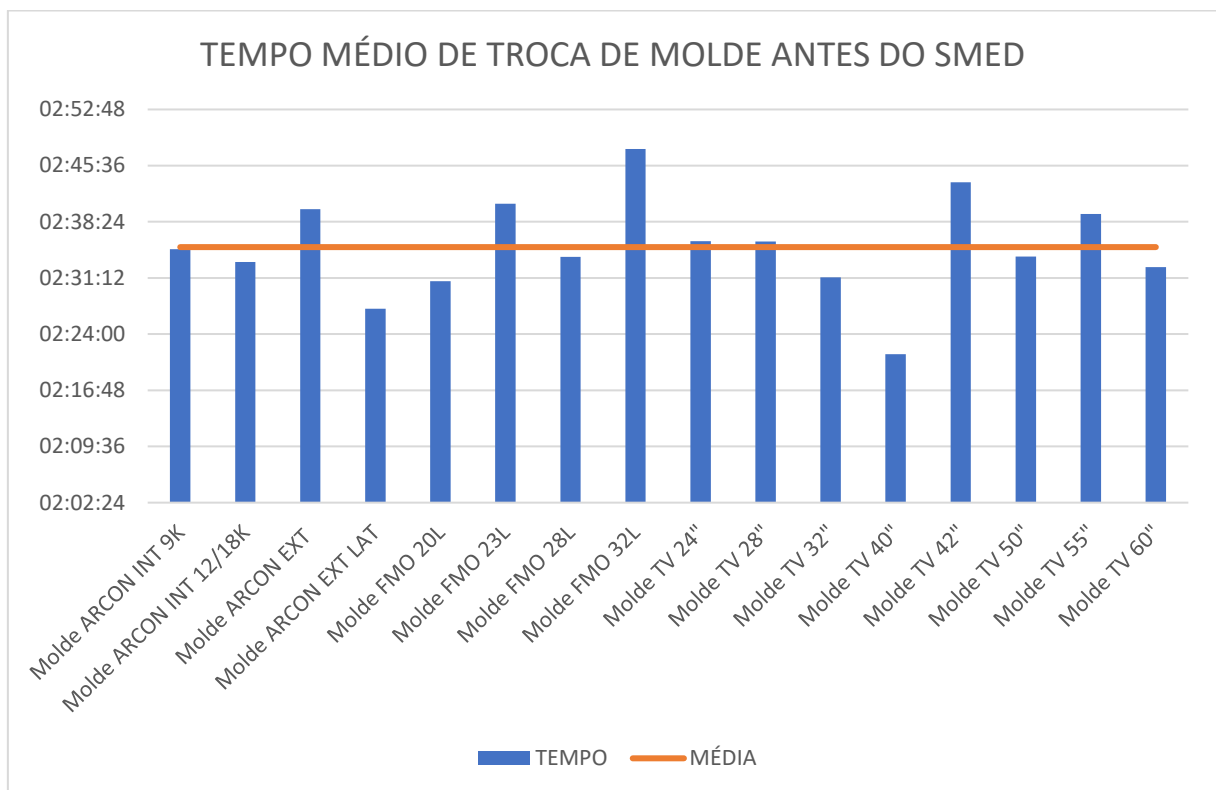
Com a equipe montada, foi iniciado o estudo do cenário atual do fluxo e realização de setup utilizado na empresa com a contabilização de tempo requerido para a troca efetiva de um molde. Os tempos foram levantados de maneira manual com a utilização de um cronometro conforme mostrado na figura abaixo:

Fig.9: Cronometro utilizada para medição do tempo de setup.



A cronometragem manual foi realizada num período de 10 dias onde foram realizados o estudo de 7 ações de setup. Para um estudo mais preciso e uma população amostral, também foram considerados as trocas de moldes realizadas nos últimos 90 dias (dados retirados do indicador de indisponibilidade de máquina). Com o levantamento manual de tempos e os tempos adquiridos através do indicador de indisponibilidade, foi montada uma população amostral de 80 setup's e assim os dividindo por modelo de molde e gerado o gráfico abaixo com o tempo médio de cada molde:

Gráfico 2: Tempo médio de setup por molde antes do SMED



Após o acompanhamento realizado nas atividades de troca de molde chegou-se ao tempo médio de setup de 2h e 35 min.

#### 4.3 – DEFINIÇÃO DO ATUAL FLUXO DE SETUP

Com a análise da atividade de troca de molde, foi possível definir o estado atual do fluxo de informação de setup que para a implementação da metodologia SMED é extremamente importante pois através dele é possível reconhecer pontos de falhas onde consequentemente irá aumentar o tempo de troca de molde. Abaixo é representado o fluxo de informação de setup no estado atual:

Fig.10: Representação do fluxo atual de setup.

FLUXO DO ESTADO ATUAL DA ATIVIDADE DE SETUP								
PLANEJAMENTO	Informação de Setup							
PRODUÇÃO	Produção em operação				Máquina disponível			Início da produção
FERRAMENTARIA	Preparação do molde			Setup do molde em máquina				
ENGENHARIA							Parametrização de máquina	
Escala Tempo (h)	1	2	3	4	5	6	7	8

Com a representação do cenário atual da atividade de setup já foi possível verificar a falha de informação presente que será analisada com maior profundidade mais à frente.

#### 4.4 – MAPEAMENTO DAS ATIVIDADES

Para aplicação da metodologia SMED foram mapeadas e ordenadas todas as atividades e subatividades realizadas durante o processo de troca de molde sendo considerado os seguintes itens:

- Ordem: cada atividade foi numerada na ordem cronológica de execução;
- Descrição: descrição da atividade realizada;
- Responsável: pessoa que realizou a atividade;
- Tipo de atividade: atividades foram divididas em (M) Manual, (E) Espera e (T) Transporte;
- Hora de início e fim;
- Duração em horas (h);
- Classificação da atividade (interna ou externa);

Mapeada e analisada todas as atividades realizadas no ciclo de troca de molde, foi elaborado um *ckecklist* de otimização para estudo aprofundado de cada ação e sugestões de melhorias para que seja alcançada a redução de tempo. Com o checklist em mãos foram realizadas 4 reuniões de estudo das ações onde foram propostas as melhorias e as projeções na redução de tempo sendo os dias divididos da seguinte maneira:

- 1º dia: Realizado listagem das atividades realizadas de maneira interna e externa durante a atividade de troca de molde e anotado o tempo para cada atividade;
- 2º dia: Análise de todas as ações e verificado quais podem ser externalizadas, realizada propostas de otimização de atividades internas;

- 3º dia: Realizado uma troca de molde com acompanhamento da equipe verificando as melhorias propostas e anotado os tempos individuais das atividades e o tempo geral da execução;
- 4º dia: Após a análise e avaliação da atividade de troca de molde, foram validadas as ações efetivas e gerado plano de ação no modelo 5W2H para implementação definitiva das ações;

Fig.11: Checklist de otimização utilizado pela equipe.

Check List Operações Externas e Internas											
Máquina:	Dados Atuais					Data: / /	Melhorias				
Nº Op.	Descrição da Operação	OE	OI	Tempo (min)	Temp OE	Ação	Resp.	Prazo	OBSERVAÇÕES		
0	RECEBIMENTO DO MOLDE					Revisar MAPA DE PROCESSO de desenvolvimento/recebimento/tryout de moldes	ANDRESSA	18/09/2020			
0						Checklist de recebimento do molde	TÚLIO	18/09/2020	1808 - Enviar checklist do relatório de tryout de engenharia para ferramenta avaliar (Andressa) 1		
0						Revisar MPP - Documento de desenvolvimento de molde	ANDRESSA	18/09/2020			
1	Aviso antecipado de início de setup	X				Produção deve informar com tempo pré estabelecido o final de produção para início de setup	DANILO	Diário	Informar ferramenta 1:30hr antes de finalizar a produção (Via email - 95)		
						Disponibilizar área de produção para preparação dos moldes	DANILO	04/09/2020	1808 - Redefinir área necessária para ferramenta e deslocamento da mesa do líder		
2	Selecionar câmara	X				Revisar os moldes para verificar inativos	ANDRESSA	20/08/2020	1808 - Michel irá enviar lista dos moldes que constam em câmara		
						Recuperar câmaras danificadas	MICHEL	04/09/2020	1808 - Verificar com o Antonio a disponibilização de espaço para execução do serviço de solda na BRIC381		
						Citar identificação dos moldes e câmaras conforme modelo	MICHEL	28/09/2020			
						Comprar molde com câmara	ANDRESSA	18/08/2020	SOLICITAÇÃO DE MOLDES COM A CÂMARA JÁ CONSTA NO MPP		
3	Aplicar silicone de vedação	X				Aumentar área de contato entre máquina e molde	TÚLIO	18/09/2020	1808 - DEFINIR MATERIAL PARA ADEQUAÇÃO		
4	Manutenção de pastilha limpa na câmara	X				Exatidão de pastilha abrasiva	TTU UN	18/09/2020	1808 - REALIZAR COTAÇÃO E SOLICITAR		

Concluída a análise dos dados originais chegou-se as seguintes conclusões iniciais: 30% do tempo está sendo desperdiçado com a máquina ociosa, ou seja, poderia ser estendida a produção pois o molde ainda se encontrava em preparação e 17% do tempo era desperdiçado em atividades que poderiam ocorrer de maneira simultânea a outras. As condições reais do parque fabril foram estudadas para possibilitar a separação das atividades em internas e externas e a maioria das sugestões de melhorias surgiram dos responsáveis pela realização da atividade.

Divididas as ações em internas e externas, as atividades foram analisadas de acordo com sua eficiência, importância para realização da atividade, necessidade de redução de custo, verificada se a quantidade de operadores empregados na ação era suficiente ou sobressalente e verificado quais poderiam ser substituídas, combinadas ou eliminadas de tal maneira que garantisse a execução da troca de molde.

Para melhor análise das atividades de setup, foi montado um fluxograma ordenando as atividades realizadas durante a troca de molde para maior agilidade e melhor entendimento durante o processo de otimização.

Com a primeira organização das atividades realizada, foi possível observar um ganho de 12% em tempo com a montagem de uma sequência lógica com as atividades já praticas pois houve redução no desperdício movimentação e transporte desnecessários.

#### 4.5 – PRINCIPAIS MELHORIAS REALIZADAS

Após a ordenação das atividades de maneira lógica, foi iniciada a aplicação das melhorias propostas. Nos próximos tópicos serão comentadas as principais ações e que refletiram os maiores ganhos a atividade de troca de molde durante a aplicação da metodologia SMED. As ações que obtiverem melhores resultados são as abaixo listadas:

Tabela 2: Principais atividades otimizadas durante o SMED

Item	Melhoria realizada	Antes (h)	Depois (h)
1	Eliminação do transporte do molde para a área produtiva	0:07	0:00
2	Melhoria no sistema de fixação das mangueiras de alimentação de matéria prima	0:20	0:05
3	Melhoria no sistema de fixação das mangueiras pneumáticas para pilotagem dos injetores	0:15	0:03
4	Organização das ferramentas utilizadas na atividade	0:10	0:02
5	Padronização do fluxo de setup	0:30	0:15
6	Criação de instrução para setup do molde	2:35	1:32
7	Parametrização da máquina durante a montagem do molde	0:20	0:00

##### 4.5.1 – ELIMINAÇÃO DO DESPERDÍCIO TRANSPORTE

Durante a aplicação da metodologia SMED e controle de tempo na realização de cada atividade individual foi observado que um grande empecilho para melhoria no tempo de setup era o transporte da área de preparação para a área produtiva. O molde anteriormente ficava armazenado a céu aberto sobre um piso formado pela união de vários bloquetes com formato de hexagonal de tal maneira que impedia que a equipe responsável pelo transporte dos moldes até a área produtiva realizasse essa atividade de maneira manual, logo quando era necessário o transporte do molde até a área produtiva acionava-se o colaborador responsável pela operação de empilhadeiras. Tal ação tinha um tempo variado de 5 min até, em casos mais críticos, 20 min visto que na empresa só tinha disponível uma empilhadeira que estava habilitada a realizar o transporte de moldes. A aquisição de uma nova empilhadeira para uso exclusivo nessa atividade iria inviabilizar o projeto pois esses equipamentos possuem um alta custo de compra e de manutenção.

Fig.12: Antiga área de armazenagem de moldes até momentos antes do setup.



Para otimização dessa atividade, foi observado que na área produtiva tinha algumas áreas sem utilização que comportariam até 3 moldes por vez assim foi realizada a demarcação da área e a sinalização de segurança com objetivo de manter a produção afastada desses moldes afim de eliminar o risco de tombamento dentro da área produtiva. Após a adequação da área, os moldes após a preparação passaram a ser armazenados dentro da área produtiva para que quando a máquina ficasse disponível para a troca do molde não fosse necessário aguardar pelo operador de empilhadeira, logo essa atividade foi externalizada.

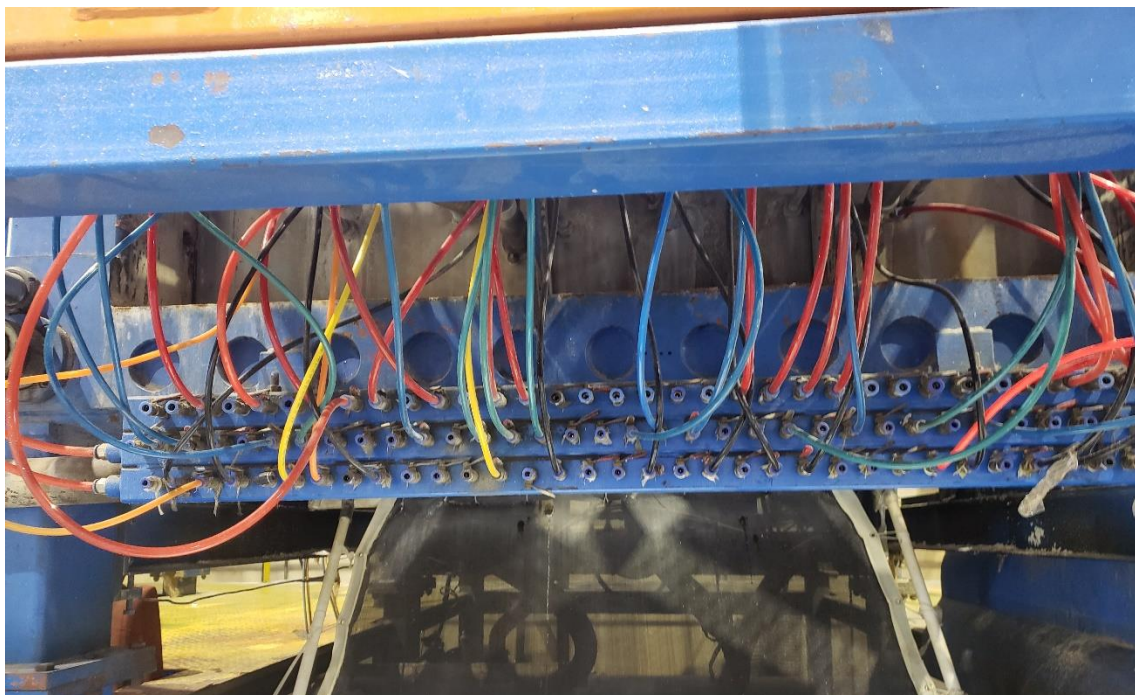
#### 4.5.2 – MELHORIA NA FIXAÇÃO DAS MANGUEIRAS DE ALIMENTAÇÃO DE MATERIA PRIMA

De maneira simplificada, o funcionamento de uma máquina injetora parte da injeção de pérolas de poliestireno expandido por meio de injetores que possuem seu funcionamento similar a um cilindro pneumático. O injetor possui 3 alimentações de ar comprimido sendo uma para abertura do injetor, 1 para injeção de matéria prima e



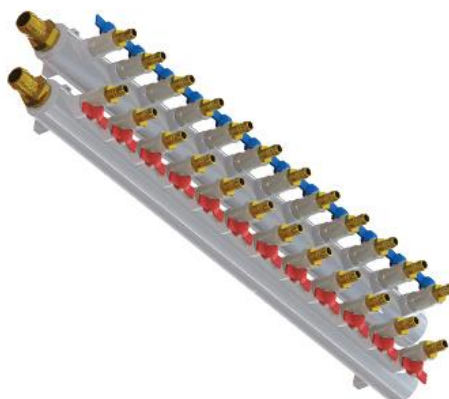
uma terceira para fechamento do injetor. Para pilotagem desse injetor as 3 mangueiras são fixadas em 3 manifolds de distribuição, 1 para cada ação. O número de injetoras variam de molde para molde, porém temos em média 20 injetores por molde sendo necessário a organização e fixação de 60 mangueiras de alimentação no bloco manifold.

Fig.13: Modelo antigo de bloco manifold



Para otimização dessa atividade foi adquirido um novo modelo de manifold móvel que foi fixado diretamente no molde e assim permitindo que a alimentação dos injetores seja realizada de maneira externa e quando for montar o molde em máquina passou a ser necessário apenas a ligação de 3 mangueiras (uma para cada ação).

Fig.14: Manifold flauta



#### 4.5.3 – MELHORIA NA FIXAÇÃO DAS MANGUEIRAS DE ALIMENTAÇÃO DE MATÉRIA PRIMA

Similar a maneira de fixação das mangueiras de alimentação do sistema de pilotagem dos injetores, a alimentação de matéria prima é realizada através do mesmo injetor, porém utilizando uma única mangueira de diâmetro maior o que dificulta seu manuseio. Visto a robustez dessa mangueira sua fixação era realizada através de espigão e abraçadeira metálica o que transformava essa ação em uma das mais longas em todo o processo de montagem do molde.

Fig.15: Mangueiras de alimentação de matéria prima fixadas com abraçadeiras metálicas



Para otimização dessa ação foi realizada a compra e substituição dessas abraçadeiras por engates rápidos que garantiram maior agilidade e a eliminação do uso de ferramentas durante a atividade. Não foi possível externalizar essa ação, mas foi garantida a redução de tempo de execução.

Fig.16: Modelo de engate rápido adquirido



#### 4.5.4 – ORGANIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE SETUP

Em qualquer atividade a utilização da ferramenta do Lean Manufacturing conhecida como Os 5 Sentidos são extremamente importantes para a perfeita execução das atividades e não seria diferente na troca de molde.

Durante a análise da execução do setup foi observado pela equipe que os responsáveis pela execução tinham grande dificuldade em encontrar a ferramenta certa e, conseqüentemente, tinha o aumento no tempo total da execução do setup. Foi observado que suas ferramentas ficavam armazenadas em maletas tipo sanfonada que não permitiam a visão geral de todas as ferramentas e dificultava a seleção de uma para a execução.

Fig.17: Tipo de maleta de ferramentas utilizada para setup



Para maior agilidade e eficiência na seleção de ferramentas, foi adquirido um carrinho que permitia uma melhor visualização desses itens e possibilitava uma melhor organização garantindo a redução de tempo durante a busca por uma ferramenta adequada. O carrinho também possuía organizador em suas gavetas com o recorte da ferramenta para que após a utilização o técnico fosse induzido a guardar na posição correta o que evita futuros trabalhos de organização.

Além do ganho de tempo, o carrinho também gerou um ganho em ergonomia pois não era mais necessário que os técnicos carregassem essas maletas pesadas ao longo do processo e apenas empurrasse os carrinhos.

Fig.18: Modelo de carrinho com organizador utilizado



#### 4.5.5 – PADRONIZAÇÃO DO FLUXO DE INFORMAÇÃO DE SETUP

Observado durante os acompanhamentos da atividade de setup, existia vários pontos de desinformação a partir do momento em que era solicitada a troca de molde em uma máquina. Como foi dito anteriormente foi observado uma perda de 30% com a máquina ociosa.

Fig.19: Fluxo de setup com ociosidade

FLUXO DO ESTADO ATUAL DA ATIVIDADE DE SETUP								
PLANEJAMENTO	Informação de Setup							
PRODUÇÃO	Produção em operação				Máquina disponível		Início da produção	
FERRAMENTARIA	Preparação do molde			Setup do molde em máquina				
ENGENHARIA							Parametrização de máquina	
Escala Tempo (h)	1	2	3	4	5	6	7	8

Com a implementação do SMED, todo o fluxo foi revisto e criado procedimentos que garantissem que o novo fluxo ocorresse de maneira correta. Após a entrega do novo fluxo foi revisado toda a atividade e verificado que ela ficou da seguinte maneira:

Fig. 20: Novo fluxo de informação de setup

NOVO FLUXO DE INFORMAÇÃO DE SETUP								
PLANEJAMENTO	Informação de setup							
PRODUÇÃO	Produção em operação				Máquina disponível		Início de produção	
FERRAMENTARIA	Preparação do molde		Movimentação do molde		Setup do molde em máquina			
ENGENHARIA							Parametrização da máquina	
Escala Tempo (h)	1	2	3	4	5	6	7	8

Pode-se observar no novo fluxo de informação de setup que o tempo de ociosidade de máquina foi eliminado.

#### 4.5.6 – CRIAÇÃO DE FICHA DE INSTRUÇÃO PARA O SETUP

Na jornada de levantamento de dados para implementação do SMED um dos pontos mais citadas nas reuniões entre a equipe foi as grandes diferenças na maneira de executar a troca de molde entre as 3 equipes. Basicamente cada time estava realizando o setup de uma maneira podendo assim levar mais tempo ou menos tempo. Portanto, para a otimização e padronização dessa atividade foram reunidas as 3 equipes e buscado um ponto comum e uma ordenação que agradasse a todos. Após a definição das atividades que seriam realizadas e a ordem delas, um responsável da engenharia industrial efetivou as tratativas em formato de ficha de instrução e foi realizado treinamento com as 3 equipes. Para futuras consultas o documento ficou disponível na oficina para que sempre que haja dúvidas durante a execução, os times possam consultar as instruções.

#### 4.5.7 – PARAMETRIZAÇÃO DA MÁQUINA DURANTE O SETUP

Para se operar uma máquina injetora de EPS é necessário o preenchimento de 32 parâmetros na interface gráfica da máquina. Essa atividade consome em média de 7 as 12 minutos do operador. Antes da aplicação do SMED essa ação era realizada após a finalização da montagem do molde na máquina o que fazia com que o tempo de setup se estendesse mais do que o necessário. A primeira ação tomada para a redução do tempo foi estabelecer que essa parametrização deveria ser realizada enquanto o molde era montado em máquina o que eliminou esse tempo do setup. Porém em busca de melhorias contínuas e maior agilidade das atividades, foi inserido no programa da máquina “receitas” pré estabelecidas para cada molde, logo uma ação que poderia levar até 12 minutos foi reduzida a menos de um minuto e podendo ser realizadas com menos de 5 cliques na tela.

#### 4.6 – ANÁLISE DOS RESULTADOS APÓS A APLICAÇÃO DO SMED

Após a apresentação das principais melhorias realizadas pela equipe responsável pela implementação do projeto, foi realizada uma nova rodada de levantamento de tempo de execução do setup para avaliar de maneira efetiva quais foram os ganhos reais. Por termos um tempo menos de levantamento de dados, foi estabelecido um prazo de 15 dias para levantamento desses dados durante os setups realizados nos 3 turnos da fábrica.

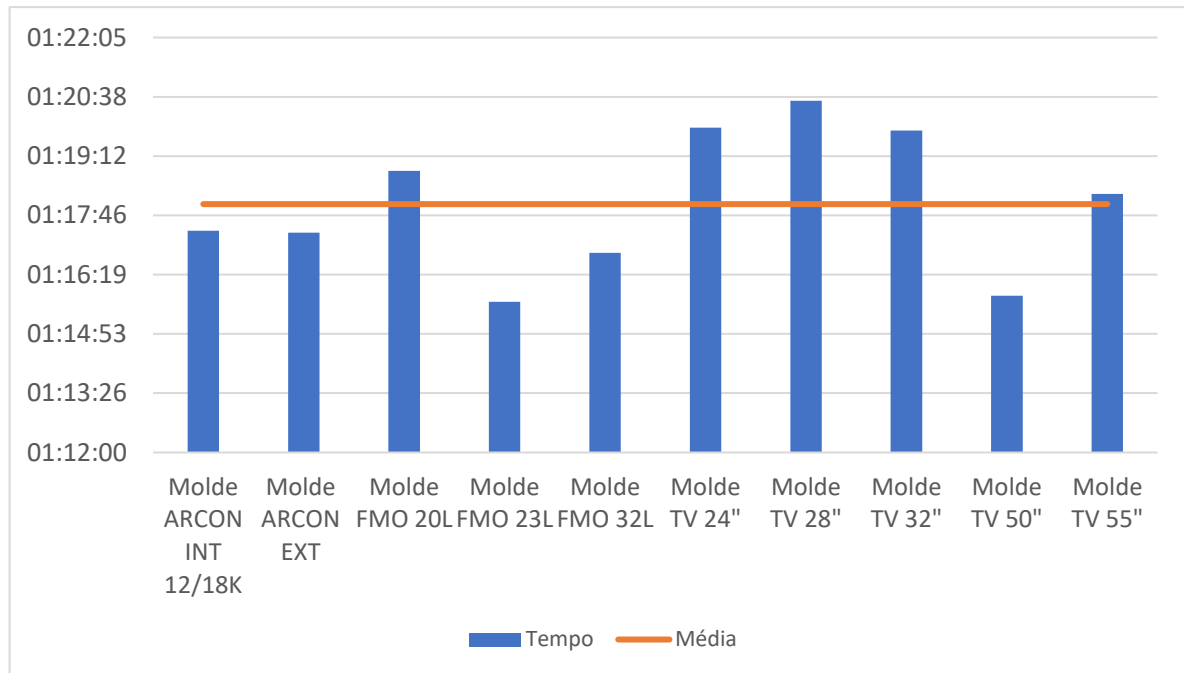
Durante esse período foi realizado um total de 19 troca de moldes e levantado seus tempos onde foram organizados na tabela abaixo:

Tabela 3: Novos tempos de setup

<b>MOLDE</b>	<b>TEMPO 1</b>	<b>TEMPO 2</b>	<b>TEMPO 3</b>
Molde ARCON INT 12/18K	01:13:02	01:24:31	01:14:36
Molde ARCON EXT	01:18:11	01:16:30	
Molde FMO 20L	01:18:50	01:18:50	
Molde FMO 23L	01:18:33	01:12:46	
Molde FMO 32L	01:15:31	01:18:11	
Molde TV 24"	01:19:54		
Molde TV 28"	01:21:58	01:19:07	
Molde TV 32"	01:16:27	01:23:11	
Molde TV 50"	01:15:49		
Molde TV 55"	01:14:06	01:22:27	
<b>MÉDIA GERAL</b>		01:18:02	

Para melhor visualização dos dados, eles foram organizados em gráfico para observação do real comportamento da atividade após a implementação da metodologia SMED.

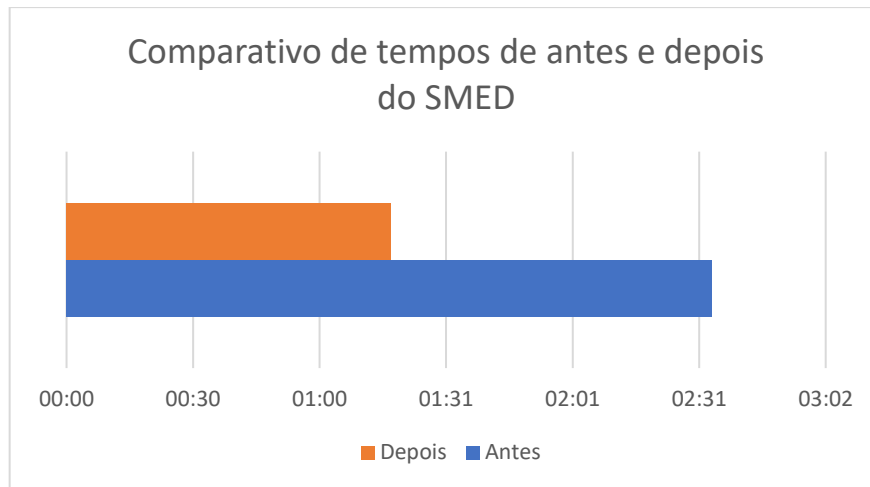
Gráfico 3: Tempo médio de setup por molde após o SMED



Comparando-se com o Gráfico 2, apresentado anteriormente, nota-se que, além do benefício de otimização de tempo, os processos estão mais padronizados e com um maior nível de previsibilidade. Os 19 eventos de setup dos moldes de EPS tiveram médias consideravelmente menores que as observadas antes da realização do projeto.

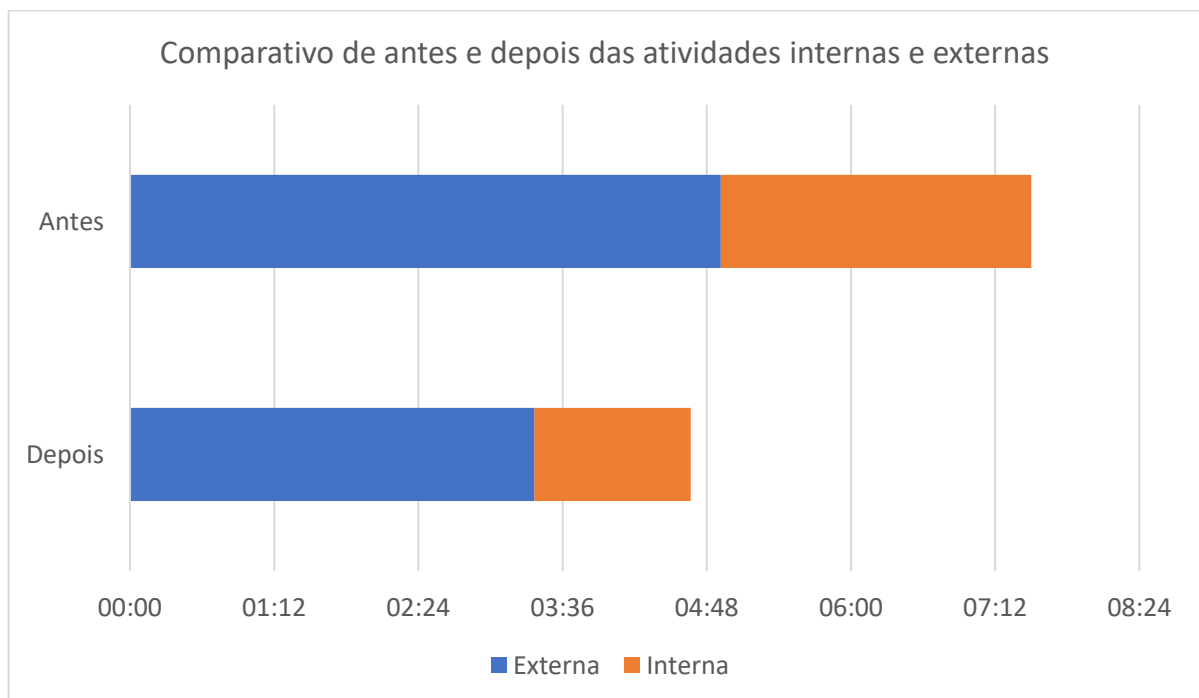
Realizando uma comparação entre o gráfico 2 e o gráfico 3 é possível verificar que houve uma redução de 49,7% no tempo de setup conforme pode ser observado no gráfico abaixo:

Gráfico 4: Comparativo de tempo de antes e depois do SMED



A principal melhoria observada pela equipe além das apresentadas anteriormente foi a diferenciação das atividades em internas e externas. Com os dados levantados durante as execuções das trocas de molde foi elaborado o gráfico abaixo representado onde é possível observar que também houve melhorias de tempo nas atividades externas que no geral garantiu uma execução mais ágil de todo o fluxo de setup.

Gráfico 5: Comparativo de antes e depois das atividades internas e externas





Avaliando as atividades externas pode-se observar um ganho de 31,5% no tempo de execução e avaliando o fluxo geral foi obtido um ganho de 37,8% de economia de tempo.

Para um primeiro evento SMED os resultados alcançados foram considerados satisfatórios e também deixam futuras melhorias a serem executadas em busca da melhoria continua das atividades.

## **5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Com base nos estudos e revisões bibliográficas realizados no início do projeto que serviram como guia para melhor entendimento e apoio a aplicação da metodologia SMED, os resultados, inicialmente, previstos foram alcançados. Os conceitos de Lean Manufacturing e suas ferramentas de apoio foram de extrema importância para o ótimo desempenho do projeto.

Partindo de um processo sem alta complexidade, porém com vários setups realizados em curtos períodos de tempo permitiu mapear e mensurar as atividades realizadas durante tal atividade. Realizar treinamento e análise junto a equipe operacional permitiu gerar melhorias e otimizar as atividades que já eram realizadas para posteriormente serem padronizadas e permitir que as três equipes que realizam a troca de ferramenta trabalhassem de maneira similar. É importante ressaltar que as principais ideias surgiram da equipe operacional e assim foram de grande importância na missão de converter tempo desperdiçado em tempo produtivo.

Entendendo de maneira mais completa o real significado de setup e utilizando os conceitos de atividades internas e atividades externas foi possível alcançar um resultado de 49% em redução do tempo de atividades internas que serão diretamente convertidos em tempo efetivo de produção e continuar gerando ganhos a empresa. Quando observado o tempo de atividade externa foi observado um ganho de 31% em redução de tempo e, analisando o geral, todo o tempo de setup onde é envolvido as atividades internas e externas foi reduzido em 37%. Todos esses ganhos alcançados permitiram que a equipe operacional tenha uma resposta mais rápida quando solicitado que um setup seja realizado, O ótimo resultado alcançado pelo SMED garantiu a empresa alta flexibilidade em atendimento ao seu cliente, logo se tornando mais competitiva.

Entre todos os desperdícios observados, o desperdício de espera era o que mais se destacava na execução da atividade pois como comentado anteriormente cerca de 30% do tempo de setup era perdido com a máquina ociosa o que pode ser corrigido de maneira bastante simples apenas ajustando o fluxo de informação dentro da empresa assim eliminando essa ociosidade. Também foi observado retrabalhos após a execução da troca de molde que foram corrigidos e reduzidos com a implementação da ficha de instrução de setup que passou a orientar os colaboradores responsáveis pela execução.

A redução de tempo também foi alcançada graças a disponibilização de uma área dentro do processo que possibilitou seu armazenamento até que a máquina que ele fosse entrar estivesse disponível e assim eliminando o fator espera pela empilhadeira. Investimentos foram necessários para aquisição dos engates rápidos e dos manifolds tipo flauta, porém o retorno em economia de tempo permitiu replicar a utilização desses itens em todos os moldes e máquinas. A revisão sobre os conceitos de Lean Manufacturing trouxe boas práticas que foram replicadas com investimentos relativamente baixos e melhor aproveitamento de recursos já disponíveis.

Quanto a substituição da maleta de ferramentas por um carrinho com organizador em suas gavetas permitiu não só um ganho em procura por ferramentas como também permitiu um ganho ergonômico aos colaboradores que deixaram de carregar pelo processo essas maletas que possuíam alta massa.

Portanto, com todos os conceitos revisados e ações implementadas no processo pode-se concluir que a aplicação da metodologia SMED no processo produtivo de calços de EPS garantiu maior flexibilidade e resposta mais rápida às solicitações dos clientes da empresa. O projeto também foi fundamental na disseminação dos conceitos da filosofia do Lean Manufacturing e do TPS o que garante maior confiabilidade e competitividade a empresa.

Como sugestão de continuidade a linha de pesquisa desenvolvida fica a melhoria continua as ações criadas, buscando novos pontos de desperdícios que não foram combatidos no primeiro evento realizado como também a utilização de novas ferramentas do Lean e ferramentas da qualidade para mensurar a efetividade das ações.

## 6 – REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

SHINGO, S. (1985). A Revolution in Manufacturing: The SMED System. Cambridge, MA, Productivity Press.

OHNO, T. (1988). Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. New York, Productivity Press.

WOMACK, J. P., et al. (2007). The Machine That Change The World - How Lean Production Revolutionized The Global Car Wars, Simon&Schuster.

WOMACK, J. P., & Jones, D. T. (1996). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. New York, USA: Simon & Schuster.

SANCHES, Helder (2015). Aplicação da Metodologia SMED na Industria Vidreira. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia do Porto.

COSTA, Inês (2015). Aplicação da Metodologia SMED numa Linha CNC de Produção de Mobiliário. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia do Porto.

PEREIRA, Vitor (2016). Estudo e Implementação da Metodologia SMED para a Redução de Tempos de Setup em Linhas de Produção de Componentes Eletrônicos. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial. Universidade de Coimbra.

CRUZ, Nuno. Implementação de ferramentas Lean Manufacturing no processo de injeção de plásticos. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Universidade do Minho.

PEREIRA, Cristina. Lean Manufacturing - Aplicação do conceito a células de trabalho. Dissertação de Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial. Universidade Da Beira Interior.

MARTINS, Karoline de Souza. Redução de tempo de setup de uma linha de envase pela técnica SMED. Monografia de Graduação em Engenharia de Produção. Universidade de São Paulo.

SANDES, Bianca. 5S: Nós Estamos Fazendo Errado!. Disponível em: < [https://medium.com/@bianca\\_sandes/5s-nos-estamos-fazendo-errado](https://medium.com/@bianca_sandes/5s-nos-estamos-fazendo-errado) >. Acesso em: 30 de setembro de 2020.

PICCHI, Flávio. Entenda os “7 desperdícios” que uma empresa pode ter. Disponível em: < [https:// www.lean.org.br/colunas/529/entenda-os-7-desperdicios-que-uma-empresa-pode-ter.aspx](https://www.lean.org.br/colunas/529/entenda-os-7-desperdicios-que-uma-empresa-pode-ter.aspx) >. Acesso em: 28 de setembro de 2020.

ANDRADE, Luiza. O QUE É CICLO PDCA E COMO ELE PODE MELHORAR SEUS PROCESSOS. Disponível em: < <https://www.siteware.com.br/metodologias/ciclo-pdca/> >. Acesso em: 30 de setembro de 2020.

SANTOS, Virgílio. O que é SMED? Como isso ajuda a reduzir o SETUP? Disponível em < <https://www.fm2s.com.br/smed/> >. Acesso em: 30 de setembro de 2020.

DE PAULA, Gilles. O que é 5W2H: reduza incertezas, ganhe produtividade e aprenda como fazer um plano de ação. Disponível em: < <https://www.treasy.com.br/5W2H> >. Acesso em: 30 de outubro de 2020.

ANDRADE, Danilo. Value Stream Mapping VSM. Disponível em < [kaizen-tech.com.br/VSM](http://kaizen-tech.com.br/VSM) >. Acesso em 01 de outubro de 2020.

ANDRADE, Danilo. SMED - Troca Rápida de Ferramentas. Disponível em < [kaizen-tech.com.br/VSM](http://kaizen-tech.com.br/VSM) >. Acesso em 01 de outubro de 2020.