

REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP EM EXTRUSORA PELO MÉTODO SMED EM UMA INDÚSTRIA DE FITA DE BORDA PLÁSTICA NO INTERIOR DE SÃO PAULO

Autores

Victor Hugo Andrade de Oliveira ¹

Fabricio Maciel Gomes²

Resumo

Com o mercado cada vez mais exigente, as indústrias devem se adequar para atender seus clientes com qualidade e rapidez. Para se manter competitiva no mercado, seus conceitos e filosofias devem ser renovados. O Lean Manufacturing tem revolucionado este modelo de gestão, acarretando resultados expressivos em ambientes industriais. O presente trabalho tem como objetivo apresentar, a aplicação da ferramenta SMED, mostrando o estado atual dos *SETUP's* e o estado futuro, em uma indústria moveleira no setor de extrusão. São mostrados também as modificações feitas no processo produtivo, os benefícios alcançados, as oportunidades de melhoria, bem como a redução do *SETUP* médio no processo produtivo. Notam-se valores expressivos de redução horas improdutivas e do lead time. Para elaboração do trabalho foi feita a revisão bibliográfica dos fatos que gradualmente levaram ao desenvolvimento do método SMED, assim como os resultados esperados com a implantação deste método. A metodologia consistiu em coletar dados de forma quantitativa, com isso verificar o uso das ferramentas e o que as mesmas podem agregar nos processos produtivos. Isso consiste na eliminação de desperdícios, redução dos custos de produção e padronização das operações nos processos. Foi elaborado uma pesquisa-ação numa empresa de médio porte do ramo moveleiro, afim de aplicar as ferramentas do SMED a priori algumas das implementações ainda estão em andamentos, porém já há alguns ganhos percebidos no presente trabalho apresentado.

Palavras-chave: SMED. Setup. Troca rápida de ferramentas. Produtividade. Extrusora

Abstract

*With the market increasingly demanding, industries must adapt to serve their customers with quality and speed. To remain competitive in the market, your concepts and philosophies must be renewed. Lean Manufacturing has revolutionized this management model, bringing expressive results in industrial environments. The present work aims to present the application of the SMED tool, showing the current state of *SETUP's* and the future state, in a furniture industry in the extrusion sector. Also shown are the changes made to the production process, the benefits achieved, the opportunities for improvement, as well as the reduction in the average *SETUP* in the production process. There are significant values for reducing unproductive hours and lead time. To prepare the work, a bibliographic review of the facts that gradually led to the development of the SMED method was carried out, as well as the expected results with the implementation of this method. The methodology consisted of collecting data in a quantitative way, thereby verifying the use of tools and what they can add to production processes. This consists of eliminating waste, reducing production costs and standardizing operations in the processes. An action research was developed in a medium-sized furniture company, in order to apply the SMED tools a priori, some of the implementations are still in progress, but there are already some gains perceived in the present work.*

Keywords: SMED. Setup. Quick tool change. Productivity. Extruder.

¹ Graduação Superior em Tecnologia de Gestão da Produção Industrial da Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo – Fatec. E-mail: vholiveira1810@gmail.com

² Doutorado em Engenharia Mecânica pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho e docente da Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo – Fatec. E-mail: fabricio.gomes2@fatec.sp.gov.br

Introdução

Com o grande aumento e avanço tecnológico, o mercado global e os consumidores anseiam por uma ampla variedade de produtos cada vez mais personalizados, entregues com alta qualidade, em prazos cada vez mais curtos e vendidos a preços competitivos. Como consequência desta tendência, as empresas são forçadas a acompanhar constantemente os avanços do mercado a fim de se tornarem mais eficientes na entrega de seus produtos e fornecerem produtos correspondentes às exigências do mercado, (EMERENCIANO, 2017).

Entre os pontos que afetam a eficiência das empresas e aumentam o custo de produção, são os tempos gastos em *setups* de máquinas, os quais geram paradas de máquina, desperdício de matéria-prima e ociosidade, assim geram um aumento nas perdas do processo e conscientemente uma perda na capacidade efetiva das operações e disponibilidade dos equipamentos (SILVA, 2018)

Contudo, dentro da própria Manufatura Enxuta, surgiu a metodologia do SMED (*Single Minute Exchange of Die*) criada por Shigeo Shingo, onde um de seus objetivos é em concentrar energia e tempo em técnicas que aceleram a preparação operacional e máquina, aumentando a produtividade dos equipamentos e reduzindo o tempo gasto entre trocas de lotes, o que torna possível produzir diariamente a quantidade estritamente necessária daquele dia e resultando em um melhor rendimento dos equipamentos.

O conceito do SMED consiste em fazer todas as atividades de *setup* em apenas um dígito único de minuto, ou seja, com o tempo máximo de 9 minutos e 59 segundos. Mesmo sendo esse o objetivo do SMED, esse estudo não tem um enfoque tão crítico nesse tempo e sim nas técnicas da metodologia para proporcionar a redução dos tempos de paradas para *setup*. (SILVA, 2015)

A problemática a ser pesquisada neste trabalho é: quais ações podem ser implementadas para reduzir o tempo de *setup* de uma máquina produtora de bobinas de plástico (PVC) ?

O objetivo geral desta pesquisa é mapear o processo e identificar as etapas necessárias para implementação da técnica SMED em uma linha de extrusão, e avaliar os ganhos obtidos com a implantação desta técnica e apresentar os resultados obtidos após a intervenção da ferramenta SMED.

Os objetivos específicos são:

- a) Descrever o processo atual de troca de ferramentas e o tempo médio de *setup* de uma máquina produtora de bobina de plástico (PVC);
- b) Levantar a situação existente antes da intervenção, a fim de realizar o diagnóstico da situação;

- c) Detalhar a implementação da técnica SMED na linha de extrusão;
- d) Apresentar os resultados obtidos com a intervenção e avaliar os resultados obtidos com a técnica SMED.

O presente artigo busca aplicar as diretrizes do método SMED propostas por Shigeo Shingo, a qual engloba passos que tratam a implementação da metodologia como uma interface de um projeto. A metodologia é aplicada em duas linhas de extrusão para bobinas plásticas de uma indústria de fita borda localizada na cidade de Cruzeiro no estado de São Paulo.

O restante do artigo está organizado da seguinte maneira. Na seção seguinte a ferramenta SMED é descrita. A seção 2 trata sobre a metodologia aplicada e seus respectivos passos neste artigo. A pesquisa-ação é delineada na seção 3, com aplicação das etapas propostas pelo modelo. Os resultados são apresentados na seção 4. Por fim, a última seção as considerações finais acerca do estudo.

1 Fundamentação teórica

1.1 Produção Enxuta

Lean Manufacturing, conhecida como Manufatura Enxuta, elaborada por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, fizeram uma visita aos Estados Unidos com o objetivo de aperfeiçoar seus conhecimentos sobre a produção em massa baseando-se nos processos produtivos utilizados por Henry Ford em sua fábrica. Entretanto não poderiam utilizar o mesmo método por apresentar altos índices de desperdícios, sendo impraticável no cenário pós-guerra em que o Japão se encontrava na década de 50 (Shibuya, 2010).

Segundo Sugai (2007), devido à escassez de recursos disponíveis no Japão naquele período, surgiu a necessidade de criação de um sistema de produção enxuta que reduzisse os desperdícios no ambiente fabril. Este sistema de produção extremamente evoluído apresentava resultados superiores aos sistemas de produção em massa até então conhecidos.

1.2 Redução de Setup

De acordo com Sugai (2007), o *setup*, ou preparação, é todo o trabalho feito para se colocar o equipamento em condições de produzir uma nova peça com qualidade em produção normal. Os mesmos autores acrescentam ainda, que o tempo de *setup* é o tempo gasto na nova preparação do equipamento até o instante em que a produção é liberada.

A partir dessa definição, pode-se entender que o *setup* deve considerar todas as atividades necessárias para o início da produção de um novo item, incluindo as devidas trocas de ferramentas, ajustes dos parâmetros de processo, limpeza do equipamento e a preparação das matérias primas que serão utilizadas no lote a ser produzido.

A simplificação dos procedimentos de *setup* é de grande importância, pois provoca benefícios em diferentes âmbitos organizacionais. Segundo Sugai (2007) enumera os seguintes benefícios abaixo:

1. **Qualidade:** Um erro de *setup* tem potencial para causar defeitos em todos os produtos de um lote de produção. Dessa forma, a simplificação e melhoria do *setup* podem melhorar a qualidade do produto.
2. **Custos:** Quando o tempo de *setup* é pequeno, os lotes podem ser produzidos com uma base diária, e assim ocorre a eliminação do WIP (*Work in Process*) e investimentos excessivos com estoque. Além disso, procedimentos mais simples de *setup* reduzem as horas gastas para realizar tal tarefa, logo os custos relacionados ao *setup* diminuem.
3. **Flexibilidade:** Com *setups* rápidos, a manufatura torna-se mais flexível no que diz respeito ao ajuste de equipamentos e sua preparação no caso de variações da demanda.
4. **Utilização do trabalhador:** Uma vez que o processo de *setup* é simplificado, um maior número de trabalhadores pode realizá-lo, deixando os especialistas com mais tempo livre para resolver problemas tecnicamente mais complicados.
5. **Capacidade e Lead Time:** *Setups* mais curtos aumentam a capacidade da produção e diminuem o *lead time* da mesma.

13 O SMED

De acordo com Shibuya (2010), o SMED é o método de contribuição mais efetivo para realizar uma produção *Just-in-Time*. De um modo geral, as maiores dificuldades que ocorrem em uma indústria não são provenientes da produção diversificada e de baixo volume, mas das operações de *setup*.

Segundo Sugai (2007) o SMED pode contribuir para a competitividade da empresa na cadeia de fornecimento em que ela participa, visto que esta ferramenta possibilita uma rápida resposta às necessidades dos clientes atuais devido à flexibilidade de entrega e quantidades encomendadas.

O desenvolvimento das técnicas de SMED deu-se a partir de estudos realizados nas décadas de 50 e 60 pelo engenheiro japonês Shigeo Shingo. Segundo Shingo (Sugai, 2007), o

SMED é um conjunto de técnicas e teorias, aplicáveis em qualquer tipo de processo e em qualquer máquina. Segundo o autor, o objetivo desta técnica é realizar operações de preparação em um período máximo de um dígito de minuto.

De acordo com Shibuya (2010) o SMED possibilita criar uma cultura interna da empresa para simplificar as operações, sendo necessário treinar adequadamente os funcionários para o alcance dos resultados.

Propõe uma metodologia composta por um estágio preliminar e três outros estágios sobre redução do tempo de *setup*, conforme relacionado abaixo:

a) Etapa preliminar: Identificar tarefas a serem realizadas

Esta etapa preliminar é realizada para analisar as condições de produção na qual se deseja implementar o SMED. Deve-se realizar a identificação e descrição das operações realizadas durante o *setup* para que se possa tratá-las posteriormente. Como se trata de um método de redução de tempo, cronometrará-lo é essencial. Para isso, Shingo sugere que a melhor maneira de se obter os tempos das atividades é, provavelmente, a utilização do cronômetro; também sugere a entrevista com operários ou a análise de filmagens da operação para caracterizar as condições de *setup*. O autor salienta ainda que "[...] a verdade é que observações e discussões informais com os trabalhadores geralmente são suficientes." (Sugai, 2007)

b) Estágio 1: Separando *setup* externo e interno

O *setup* interno é definido por operações que podem ser realizadas somente quando a máquina está parada. Já o *setup* externo caracteriza-se por operações que podem ser executadas durante o funcionamento da máquina.

Shibuya (2010) diz que o passo mais importante na implementação do SMED é distinguir os *setups* interno e externo. se esforços forem feitos para tratar o máximo possível das operações como *setup* externo, pode-se obter cortes de 30 a 50% no tempo necessário para *setup*.

O mesmo autor expõe ainda algumas técnicas que Shingo relatou para garantir a realização de tarefas como *setup* externo:

- Uso de listas de verificação: Realizar uma lista de todas as etapas e passos necessários para uma operação. Tal lista deve conter nomes, especificações, número de matrizes etc.
- Realização de verificações: conferir a perfeita condição de funcionamento das etapas necessárias para a realização do *setup*.

-Melhoria no transporte de matrizes e outros componentes: movimentos de ferramentas e peças do estoque para a máquina e vice-versa são feitos, em alguns casos, enquanto a máquina está parada para troca de lotes. Tais movimentos devem ser realizados pelo operador enquanto a máquina está em funcionamento ou por um outro operador, o qual terá a função de abastecedor.

c) Estágio 2: Transformar *setup* interno em externo

O estágio 1 pode promover grandes reduções no tempo de *setup*, mas reduções insuficientes para atingir o objetivo do SMED. É necessário ainda reexaminar as operações para verificar se houve falhas na separação das mesmas ao realizar a etapa precedente. Algumas operações internas podem também ser convertidas em externas, analisando novamente sua função real, sendo importante a adoção de novas perspectivas que vão além de conceitos tradicionalmente estabelecidos.

d) Estágio 3: Tentativa de melhoria nas operações de *setup* interno e externo

Somente os estágios anteriores não garantem a eficácia do método SMED. É necessário aplicar a melhoria contínua em todas as operações envolvidas no processo (SHINGO, 1985). A melhor forma de se alcançar isso seria por meio da racionalização de cada etapa, a partir de um diagnóstico detalhado da mesma.

2 Metodologia

A metodologia aplicada na elaboração deste trabalho, foi a revisão bibliográfica e a pesquisa ação que conforme definiu Santos e Candeloro (2006) "a revisão bibliográfica é parte de um projeto de pesquisa, que revela explicitamente o universo de contribuições científicas de autores sobre um tema específico", e também a pesquisa ação que conforme Mello (2012) é um método de pesquisa qualitativa que cada vez mais se destaca como estratégia de pesquisa adotada em engenharia de produção, o pesquisador busca compreender os fenômenos observando-os, interpretando-os e descrevendo-os. Assim, fazendo o processo inverso, ou seja, partem dos problemas e buscam na literatura as possíveis soluções.

Para a pesquisa-ação será proposta a utilização da ferramenta do SMED para solucionar problemas e discutir melhorias para empresa.

3 Pesquisa-ação

Neste pesquisa-ação foi proposto que fosse feita uma exploração do sistema produtivo atual da empresa, objetivando desenvolver melhorias por meio de diversas ferramentas e técnicas do SMED para o melhor aproveitamento do processo produtivo, ou seja, maximizando a produção e reduzindo os custos e Setup's.

Para pesquisa-ação foi proposta as seguintes etapas:

01. Observação da empresa
 - a. Observer o processo produtivo
 - b. Mapear o processo produtivo.
02. Identificação dos problemas.
 - a. Identificar as causas
 - b. Apontar as mais imediatas.
03. Proposição de Melhorias
 - a. Sugestão e desenvolvimento de melhorias
 - b. Resultados esperados com as melhorias.

3.1 Descrição da empresa pesquisada

A pesquisa-ação se deu numa empresa situada no Vale do Paraíba, Estado de São Paulo e atua no ramo moveleiro produzindo acessórios para revestimento de móveis, tal material é aplicado nas mais diversos áreas da indústria moveleira. É considerada, conforme a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) como de médio porte.

A empresa produz fitas bordas melamínicas e de PVC desenvolvidas de acordo com os padrões dos clientes e dos principais fabricantes de chapa do Brasil.

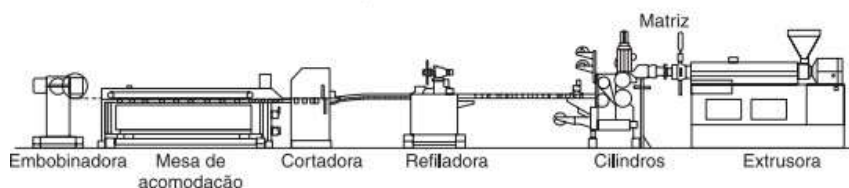
Aplicado de modo que o móvel tenha o acabamento harmônico, inclusive, reproduzindo texturas parecidas com a madeira. As fitas possuem diferentes especificações para que cada cliente possa escolher a que melhor atende aos seus fins, sendo acessórios para móveis, portas, rodapés e molduras.

3.2 Descrição do setor extrusão

Segundo Antonio e Ormanji (2006), o processo de moldagem por extrusão é uma das técnicas de processamento mais úteis e das mais utilizadas para converter compostos de PVC em produtos comerciais. Considera-se que entre 45 e 50% de todos os produtos de PVC são obtidos por meio do processo de moldagem por extrusão.

Segundo Antonio e Ormanji (2006), o processo de extrusão consiste basicamente em forçar a passagem do material por dentro de um cilindro aquecido de maneira controlada, por meio da ação bombeadora de uma ou duas roscas sem fim, que promovem o cisalhamento e homogeneização do material, bem como sua plastificação. Na saída do cilindro o material é comprimido contra uma matriz de perfil desejado, a qual dá formato ao produto, podendo o mesmo em seguida ser calibrado, resfriado, cortado ou enrolado. Conforme representado na figura 1.

Figura 1 – Processo de extrusão de calandra de PVC.



Fonte : Brasken, 2006.

Neste processo a empresa conta com duas linhas de extrusão de capacidade nominal de 250 Kg/h idênticas, que combinadas produzem entre 1500 a 2500 bobinas de PVC por mês, sendo partes das produções produtos direcionados ao setor de embalagem e expedição ao clientes e aos demais para setor de impressão para posteriormente serem destinadas a fase final do processo.

A velocidade de produção de máquina é de até 12 metros por minuto, sendo cada bobina de 310 metros lineares, sendo a produção média de aproximadamente de duas bobinas por hora por máquina. Para a operação é preciso um auxiliar para os carregamentos de matérias primas e paradas ocasionais, sem a necessidade de estar todo o tempo à frente da máquina. É preciso um operador disponível no módulo para ajustes e resolução de problemas.

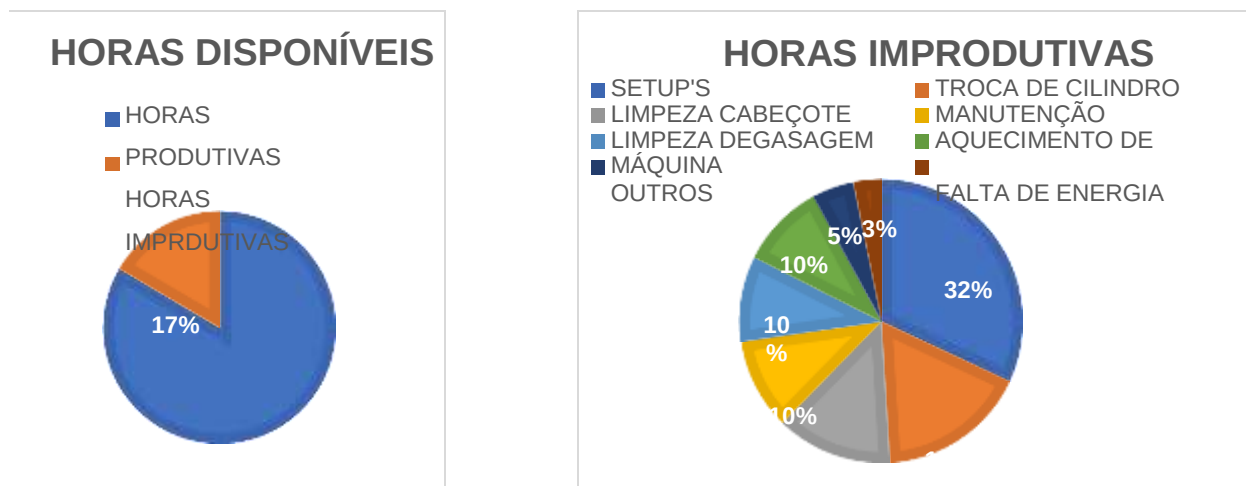
33 Procedimento para coleta de dados

Na etapa preliminar, foi feita uma filmagem do setup da máquina. Com essa filmagem, além de se obter o tempo total, foi possível fazer uma leitura minuciosa de todas as atividades efetuadas pelo mecânico responsável pela preparação e um mapeamento da movimentação desse mecânico durante o *setup*.

Nas máquinas analisadas nesse estudo, foi estudado os últimos seis meses de produção e levantado as principais causas de horas improdutivas conforme apresentado no Gráfico 1. As horas improdutivas representam cerca 17 %, observando os gráfico 2 e 3 percebeu-se 49%

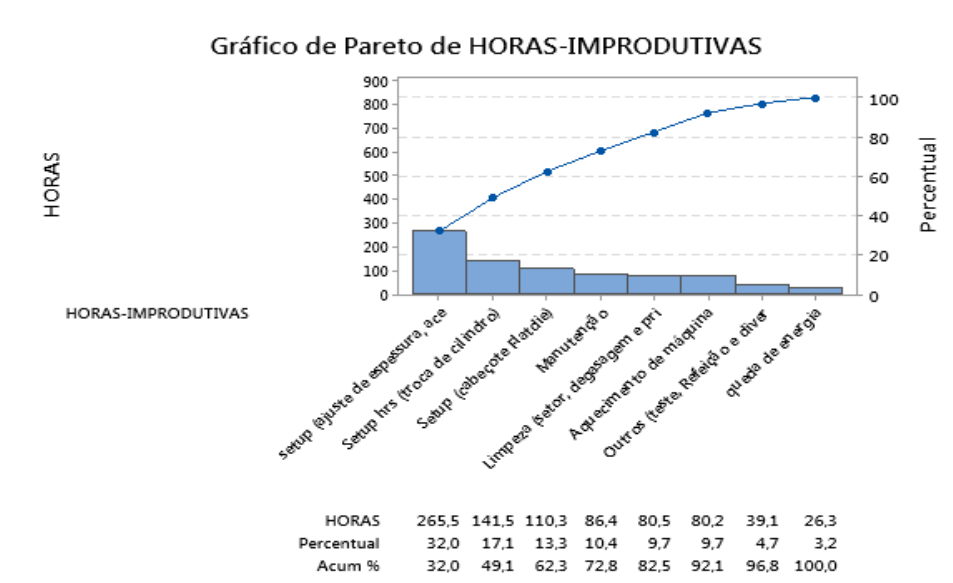
eram de setup's e de troca de cilindro de acabamento, ocorria entre 150 a 160 trocas de setup por mês, decidiu-se então iniciar um trabalho de implementação do SMED.

Gráfico 1 – Horas Disponíveis



Fonte - Autores, 2020

Gráfico 2 – Horas Improdutivas



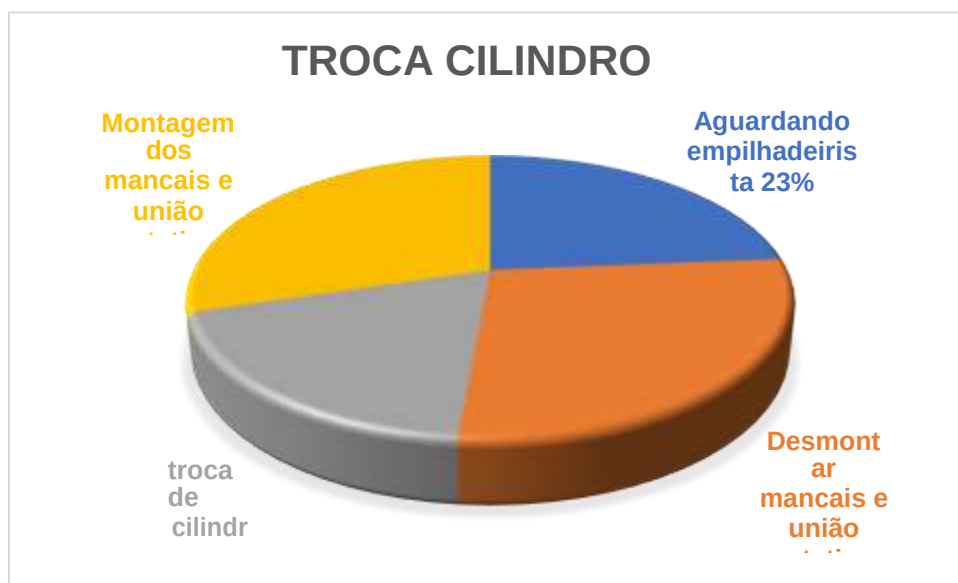
Fonte - Autores, 2020

A primeira tarefa foi fazer um estudo de situação atual da operação de setup da máquina com medições e análises de acordo com a “Etapa preliminar” do conceito SMED já citado:

34 Etapa preliminar: Análise de tempo e tarefas

Ao analisar os tempos médios de Setup de troca de cor e ajuste de espessura verificou-se que a média de 60 minutos, e para troca de cilindro e limpeza de cabeçote tempos médios de 1 hora e 3 horas. No gráfico 3 e 4 pode-se avaliar cada etapa destes Setup's.

Gráfico 3 – Troca de cilindro



Fonte - Autores, 2020

Ao analisar o gráfico 3, percebeu-se que 23 % do Setup de troca de cilindro vem da movimentação e aguardo da empilhadeira do processo e da montagem dos mancais conforme figura 2 e 3 e somente 19% é de fato a troca de cilindro representando cerca de 11:40 minutos.

Figura 2 – Desmontagem dos mancais



Fonte - Autores, 2020

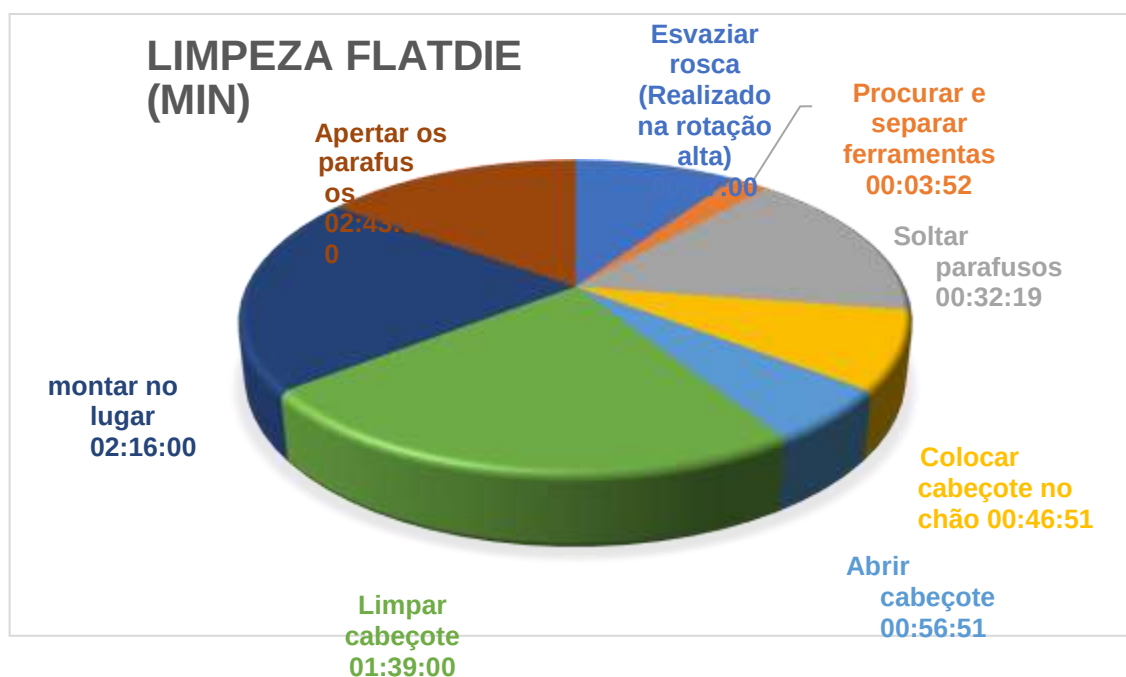
Figura 3 – Troca de Cilindro



Fonte - Autores, 2020

Analisando da mesma forma as limpezas de cabeçote gráfico 4, verificou-se que cerca 46% é de fato a limpeza do cabeçote, vide a figura 4.

Gráfico 4 – Limpeza de cabeçote



Fonte - Autores, 2020

As demais etapas compoem os procedimentos para desmontar e montar o cabeçote conforme figura 4.

Figura 4 – Montagem de cabeçote



Fonte - Autores, 2020

Destacando que toda troca de cilindro e limpeza de cabeçote gera outras horas improdutivas por aquecimento de máquina.

3.5 Etapa Preliminar

Na etapa preliminar, foi feito uma filmagem do setup da máquina. Com essa filmagem, além de se obter o tempo total, foi possível fazer uma análise minuciosa de todas as atividades efetuadas pelo operador responsável pela preparação e um mapeamento da movimentação desse operador durante o *setup*.

Foram identificadas um total de 32 atividades feitas pelo operador que as executas todas com um auxiliar. Para que fosse possível adaptar ao corpo do trabalho e por questão de sigilo industrial, a Tabela 1 traz uma amostra destas atividades identificadas:

Tabela 1- Amostra análise das atividades

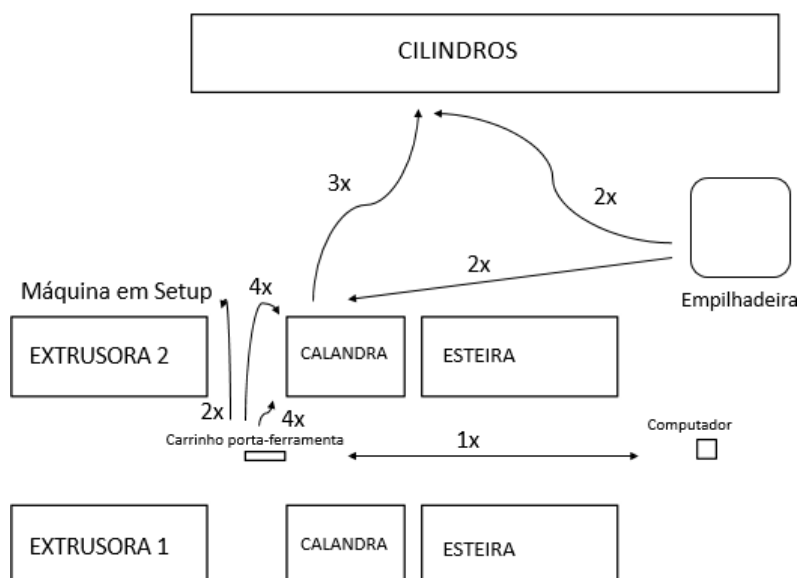
Nº	ATIVIDADE/ OPERAÇÃO	TEMP O INICIO	TEMP O FIM	DURAÇÃO DA ETAPA	GRÁFICO DE TEMPO	DISTÂNCIA	Nº DE PESSOAS	OB S
1	Parar extrusora	00:00:00	00:02:10	00:02:10		0	1	
2	Abaixar temperatura dos cilindros em máquina	00:02:10	00:17:00	00:14:50		2	1	
3	Abrir cilindros da calandra em máquina	00:17:00	00:19:15	00:02:15		2	1	
4	Colocar capa de proteção nos cilindros em máquina	00:19:15	00:19:25	00:00:10		1,5	1	
5	Chamar empilhadeira	00:19:25	00:24:31	00:05:06		20	1	se necessário
6	Procurar cilindro de acabamento do próximo produto	00:24:31	00:36:20	00:11:49		15	1	
7	Verificar se cilindro do próximo produto possui rolamentos e travas	00:36:20	00:36:40	00:00:20		0	1	
8	Colocar rolamentos e travas no cilindro do próximo produto	00:36:40	00:53:05	00:16:25		15	1	se necessário
9	Colocar cilindro de acabamento ao lado da extrusora	00:53:05	00:55:00	00:01:55		15	1	se necessário
10	Procurar ferramentas para efetuar setup	00:55:00	00:55:20	00:00:20		4	1	
11	Distancia cilindros da calandra do cabeçote	00:55:20	00:55:50	00:00:30		0	1	
12	Desligar bombas d'água dos cilindros	00:55:50	00:56:13	00:00:23		1,5	1	
13	Soltar parafusos da união rotativa lado esquerdo	00:56:13	00:59:21	00:03:08		1,5	2	
14	Soltar parafusos da bolacha do mancal esquerdo	00:59:21	01:01:15	00:01:54		0	2	
15	Soltar mancal esquerdo	01:01:15	01:03:15	00:02:00		0	2	
16	Soltar acoplamento do eixo lado direito	01:03:15	01:06:25	00:03:10		1	2	
17	Soltar mancal direito	01:06:25	01:08:10	00:01:45		0	2	
18	Puxar regua do cilindro para frente	01:08:10	01:08:40	00:00:30		0	2	
19	Retirar cilindro de acabamento em máquina	01:08:40	01:12:45	00:04:05		0	2	
20	Colocar cilindro acabamento saiu de máquina na caixa	01:12:45	01:13:01	00:00:16		1,5	2	
21	Colocar cilindro acabamento do próximo produto em máquina	01:13:01	01:17:32	00:04:31		0	2	
22	Empurar régua do cilindro para trás	01:17:32	01:18:00	00:00:28		1,5	2	
23	Colocar parafusos do mancal direito	01:18:00	01:20:01	00:02:01		0	2	
24	Colocar parafusos do Mancal esquerdo	01:20:01	01:22:10	00:02:09		0	2	
25	Colocar parafusos do acoplamento lado direito	01:22:10	01:24:17	00:02:07		0	2	
26	Colocar parafusos da bolacha lado esquerdo	01:24:17	01:26:19	00:02:02		1	2	
27	Colocar parafusos da União rotativa do lado esquerdo	01:26:19	01:28:31	00:02:12		0	2	
28	Ligar bombas d' água do cilindros	01:28:31	01:28:45	00:00:14		1,5	1	
29	Setar novo parametros no cilindros para aquecer	01:28:45	01:29:00	00:00:15		0	1	
30	Guardar cilindro eu saiu de máquina	01:29:00	01:37:00	00:08:00		15	2	
31	Guardar ferramentas da troca	01:37:00	01:37:20	00:00:20		4	1	
32	Aproximar cilindros da calandra do cabeçote	01:37:20	01:38:50	00:01:30		4	1	

Fonte – Adaptado pelos Autores com base nos dados da empresa, 2021

Nessa análise tem-se todas as atividades registradas cada uma com seu número na sequência de execução, tempo de início e fim em relação total do *setup*, tempo de duração de cada uma e um gráfico gerado automaticamente em Excel salientado as atividades que mais levaram tempo para serem executadas. Também nesta fase, são registradas quantas pessoas estavam envolvidas em cada atividade e, com o uso de uma fita métrica, foram medidas e

somadas as distâncias percorridas pelo operador durante o *setup*. Para se ter uma visão clara da movimentação do operador durante suas operações e com o objetivo de avaliar os percursos que foram feitos de maneira desnecessária, foi elaborado um mapa de todas as movimentações baseado na planta baixa do setor, conforme mostrada na Figura 5:

Figura 5 – Mapa de movimentações durante Setup



Fonte Autores, 2021

Chegou-se aos seguintes parâmetros principais da situação atual mostrados na Tabela 2:

Tabela 2- Principais parâmetros antes do SMED

TEMPO	1 hora, 37 minutos e 20 segundos
DISTÂNCIA PERCORRIDA	107 metros
NÚMERO DE ATIVIDADES	32 atividades

Fonte Autores, 2021

Estágio 1: Separar *setup* interno e externo

Foi proposto, conforme metodologia de SMED, que fossem tomados os registros de todas as atividades e analisadas por toda equipe a fim de separá-las se pertencentes ao *setup* interno ou externo e para que fossem registrados os tempos e distâncias de cada atividade. A Tabela 3 traz uma parte da planilha usada para a separação onde era registrado o número da atividade de acordo com sua ordem de execução, distância e tempo de *setup* interno ou externo:

Tabela 3 – Separação de cada atividade em interno e externo

Nº	ATIVIDADE/ OPERAÇÃO	DURAÇÃO DA ETAPA (min)	Setup Interno	Setup Externo
1	Parar extrusora	00:02:10	X	
2	Abaixar temperatura dos cilindros em máquina	00:14:50		X
3	Abrir cilindros da calandra em máquina	00:02:15	X	
4	Colocar capa de proteção nos cilindros em máquina	00:00:10	X	
5	Chamar empilhadeira	00:05:06		X
6	Procurar cilindro de acabamento do próximo produto	00:11:49		X
7	Verificar se cilindro do próximo produto possui rolamentos e travas	00:00:20		X
8	Colocar rolamentos e travas no cilindro do próximo produto	00:16:25		X
9	Colocar cilindro de acabamento ao lado da extrusora	00:01:55		X
10	Procurar ferramentas para efetuar setup	00:00:20		X
11	Distanciar cilindros da calandra do cabeçote	00:00:30	X	
12	Desligar bombas d'água dos cilindros	00:00:23	X	
13	Soltar parafusos da união rotativa lado esquerdo	00:03:08	X	
14	Soltar parafusos da bolacha do mancal esquerdo	00:01:54	X	
15	Soltar mancal esquerdo	00:02:00	X	
16	Soltar acoplamento do eixo lado direito	00:03:10	X	
17	Soltar mancal direito	00:01:45	X	
18	Puxar regua do cilindro para frente	00:00:30	X	
19	Retirar cilindro de acabamento em máquina	00:04:05	X	
20	Colocar cilindro acabamento saiu de máquina na caixa	00:00:16	X	
21	Colocar cilindro acabamento do próximo produto em máquina	00:04:31	X	
22	Empurar régua do cilindro para trás	00:00:28	X	
23	Colocar parafusos do mancal direito	00:02:01	X	
24	Colocar parafusos do Mancal esquerdo	00:02:09	X	
25	Colocar parafusos do acoplamento lado direito	00:02:07	X	
26	Colocar parafusos da bolacha lado esquerdo	00:02:02	X	
27	Colocar parafusos da União rotativa do lado esquerdo	00:02:12	X	
28	Ligar bombas d' água do cilindros	00:00:14	X	
29	Setar novo parametros no cilindros para aquecer	00:00:15	X	
30	Guardar cilindro eu saiu de máquina	00:08:00		X
31	Guardar ferramentas da troca	00:00:20		X
32	Aproximar cilindros da calandra do cabeçote	00:01:30		X
TOTAL			00:38:15 min	01:00:35 min

Fonte Autores, 2021

Nessa amostra, todas as atividades têm tempo de execução de setup interno e externo, mas isso não é necessariamente obrigatório, há atividades que são apenas internas e outras que são apenas externas. Sobre a classificação de cada microatividade, a equipe classificou em setup externo aquela executada com a máquina em funcionamento, e setup interno, aquela cuja execução pode ser feita apenas com a máquina parada. Conforme a observação inicial e aprovação da equipe SMED, a Tabela 3 demonstra a classificação das microatividades;

Observa-se que o tempo de máquina parada no Setup Interno totaliza 98 minutos, aproximadamente 1 hora e meia. Como são feitas, em média, uma troca de acabamento por dia, obtém-se um total de aproximadamente 1 hora e 38 minutos de máquina parada. Durante parte

deste período, o equipamento poderia estar em funcionamento, aumentando a produtividade e reduzindo os custos do produto.

Estágio 2 e 3: Transformar *setup* interno em externo

Após a separação, foi possível contemplar ao mesmo tempo os outros 2 estágios conceituais do SMED, que são transformar as operações internas em externas e racionalizar todas as atividades. Isso foi possível pois foram analisadas oportunidades de melhorias em todas as atividades, avaliando quanto a sua possibilidade de transformação, eliminação, combinação, redução e simplificação. Nessa análise de atividades já estava sendo estimada a redução de tempo que cada operação ganharia quando fosse executada ações de melhorias nas mesmas. Para que isso fosse possível foi proposta uma planilha que facilitasse o trabalho da equipe no momento de analisar cada operação e propor alguma ação. Uma amostra, dessa ferramenta está sendo apresentada na Tabela 4:

Tabela 4: Análise e classificação de cada atividade

Nº	CLASSIFICAÇÃO				PROJEÇÃO				AÇÃO
	ELIMINAR	COMBINAR	REDUZIR	SIMPLIFICAR	TEMPO INTERNO	TEMPO EXTERNO	DISTANCIA PERCORRIDA	PESSOAS	
1	Abaixar temperatura dos cilindros em máquina					00:02:10	0	1	RETIRAR CILINDRO QUENTE
2	Chamar empilhadeira					00:05:06	0	0	INSTALAÇÃO DE TALHA NA LINHA DE PRODUÇÃO
3	Procurar cilindro de acabamento do próximo produto					01:20:00	0	1	PROJETAR E INSTALAR CAVALENTES PARA OS CILINDROS
4	Verificar se cilindro do próximo produto possui rolamentos e travas					00:00:20	0	0	COLOCAR ROLAMENTOS E TODOS OS CILINDROS E REALIZAR LUBRIFICAÇÃO CORRETA
5	Colocar rolamentos e travas no cilindro do próximo produto					00:16:25	0	0	COLOCAR ROLAMENTOS E TODOS OS CILINDROS E REALIZAR LUBRIFICAÇÃO CORRETA
6	Procurar ferramentas para efetuar setup			00:00:20			2	0	CRIAR KIT FERRAMENTAS PARA TROCA DE SETUP
7	Distancia cilindros da calandra do cabeçote		00:00:10				2	1	MELHOR TRILHO PARA DISTANCIA CILINDROS
9	Soltar parafusos da união rotativa lado esquerdo	00:03:08			00:04:57		0	2	MODIFICAR E PADRONIZAR PROCEDIMENTO DE TRABALHO
10	Soltar parafusos da bolacha do mancal esquerdo	00:01:54					0	2	MODIFICAR E PADRONIZAR PROCEDIMENTO DE TRABALHO
11	Soltar mancal esquerdo	00:02:00					0	2	MODIFICAR E PADRONIZAR PROCEDIMENTO DE TRABALHO
12	Soltar acoplamento do eixo lado direito	00:03:10					0	2	MODIFICAR E PADRONIZAR PROCEDIMENTO DE TRABALHO
13	Soltar mancal direito	00:01:45					2	2	MODIFICAR E PADRONIZAR PROCEDIMENTO DE TRABALHO

17	Colocar cilindro acabamento do próximo produto em máquina		00:03:00			0	0	PROJETAR E INTALAR CARRINHO PARA TRANSPORTE DE CILINDROS
19	Colocar parafusos do mancal direito	00:02:01			00:04:15	0	2	MODIFICAR E PADRONOZAR PROCEDIMENTO DE TRABALHO
20	Colocar parafusos do Mancal esquerdo	00:02:09				2	2	MODIFICAR E PADRONOZAR PROCEDIMENTO DE TRABALHO
21	Colocar parafusos do acoplamento lado direito	00:02:07				0	2	MODIFICAR E PADRONOZAR PROCEDIMENTO DE TRABALHO
22	Colocar parafusos da bolacha lado esquerdo	00:02:02				0	2	MODIFICAR E PADRONOZAR PROCEDIMENTO DE TRABALHO
23	Colocar parafusos da União rotativa do lado esquerdo	00:02:12				0	2	MODIFICAR E PADRONOZAR PROCEDIMENTO DE TRABALHO

Fonte Autores, 2021

Conforme pode ser visto na Tabela 4, há atividades que foram mantidas sem alterações como, por exemplo, a atividade número 1 foi para setup externo no qual foi concluída pela equipe que sua duração de tempo continuaria a mesma, porém a distância e sua execução poderia ser eliminada após implementação do SMED. Outras atividades tiveram sua duração de tempo reduzida, pois sua execução fora simplificada conforme o exemplo da atividade número 3. Operações que pertenciam ao setup interno e foram transformadas em setup externo também foram transformadas nesta etapa conforme a operação 1 à 5.

Foi proposto também que em algumas operações, o número de pessoas envolvidas fosse aumentado, conforme exemplo da atividade número 7, onde 1 operador auxilia o mecânico na execução de soltar e parafusar os parafusos da máquina.

Importante salientar que para a apresentação no corpo desse trabalho, foi necessário suprimir algumas das atividades por motivo de segredo industrial.

3.6 Propostas de Melhorias

Para realizar algumas ações que aumentaram a eficiência do Setup e separaram o interno do externo, foram realizadas alguns projetos para melhorias do setor e da linha de produção que tiveram grande impacto no método SMED. Como principais pontos pode-se citar a reestruturação do layout da linha de produção e dimensionamento de talhas para retirada da empilhadeira do processo e a confecção de cavaletes e carrinho porta cilindros.

a. Sugestão e desenvolvimento de melhorias:

Foi projetado um carrinho para efetuar as troca de cilindro conforme figura 6:

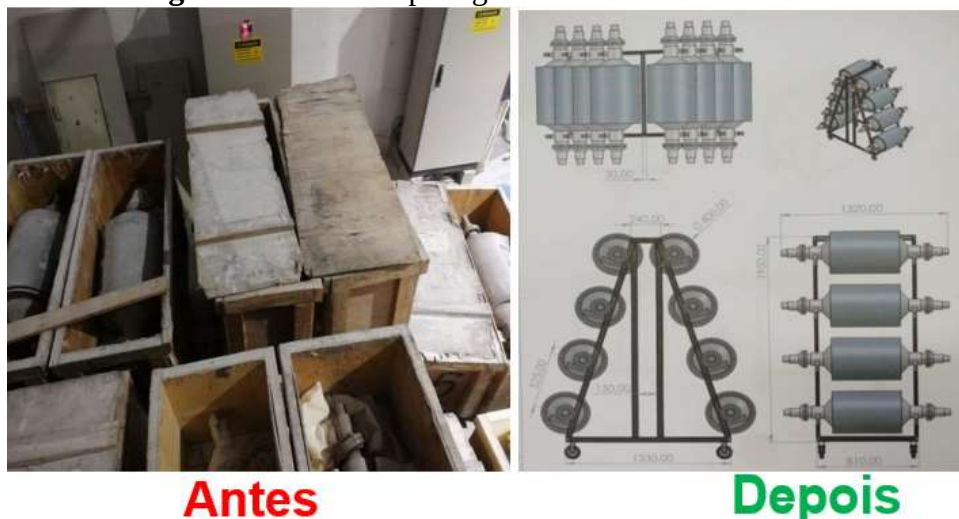
Figura 6 – Carrinho para transporte de cilindro durante Setup



Fonte Autores, 2021

Como o carrinho para troca de cilindro está em fase de confecção, ainda não o utilizados diretamente na linha de produção, assim não obteve dados sobre os ganhos desta melhoria. Foi projetado também para retirada dos cilindros das caixas, a confecção e instalação de cavaletes para melhorar a organização e a segurança na linha de produção, conforme figura 7:

Figura 7 – Cavalete para guardar cilindros de acabamento



Fonte: Auores (2021)

Devido a produção dos cavaletes ainda não terem sido finalizados, ainda não possui um layout e dados sobre a organização dos cilindros e instalação dos cavaletes, conforme figura 8.

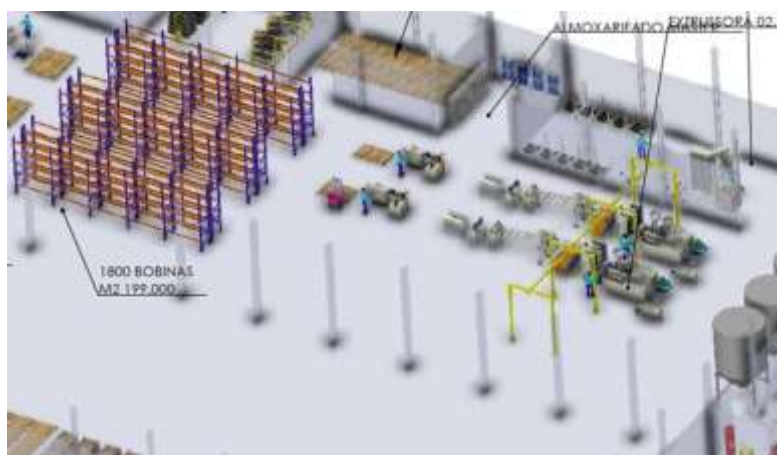
Figura 8 – Cavalete em produção



Fonte Autores, 2021

Para reduzir tempo e custo com movimentações desnecessárias de empilhadeira e aumentar a segurança nas trocas de cilindros e cabeçotes, foi projetado conforme figura 9 e confeccionado uma talha para o setor de extrusão. Aonde após a instalação a talha foi posicionada em uma linha reta na direção transversal das máquinas do setor podendo ser utilizadas em todas as máquinas para realizar a troca dos cilindros e cabeçotes, conforme figura 10.

Figura 9 – Projeto talha setor de extrusão



Fonte Autores, 2021

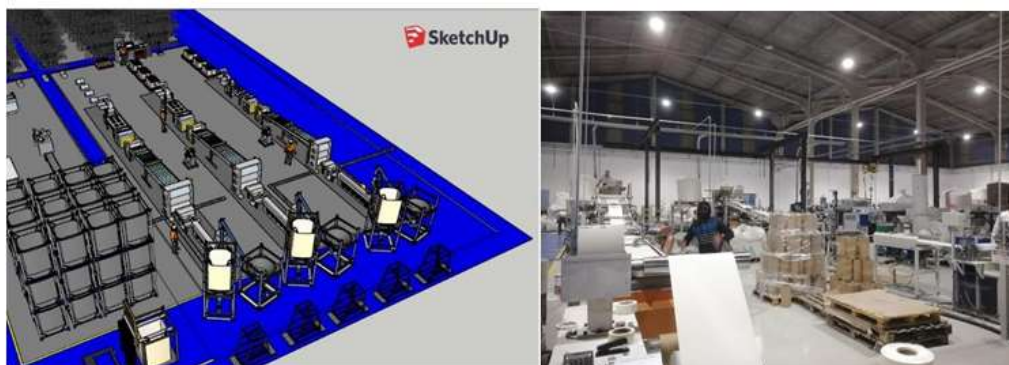
Figura 10 – Talha setor de extrusão



Fonte Autores, 2021

Um grande benefício do método SMED é a organização e redimensionamento do layout do setor de extrusão, não somente tornando os setup's de forma mais eficiente, como toda a produção do setor foi beneficiada tendo ganhos significativos em eficiência e redução de perdas, pode-se visualizar o novo layout na figura 11.

Figura 11 – Novo layout do setor de extrusão



Fonte: Autores (2021)

4 Análise e Resultados Obtidos

A princípio procurou-se reduzir os tempos de setup com objetivo de obter um aumento na produtividade. Com o desdobrar dos estudos, percebeu-se outras possibilidades de melhorias que incluíam elaboração de treinamentos e instruções de trabalho que conscientizavam os operadores para a redução dos índices de Setup e desperdícios do sistema produtivo. Foram apresentados gráficos e histogramas que demonstravam as proporções de Setup, visando obter melhor comprometimento da equipe.

Em média, os setups levaram entre 40 a 98 minutos para ser realizados, salva a limpeza de cabeçote. Com a aplicação do Método do SMED neste estudo, teve como resultados a redução de 50 % no tempo de troca de cilindros e 30% na limpeza de cabeçote, devido a maior parte do tempo gasto no na troca de cilindro ser na movimentação da empilhadeira vide gráfico 3 aonde representa 23% do tempo e na desmontagem e montagem do mancais tem como intuito separar o *SETUP* interno da movimentação e para a *SETUP* externo da forma que não se utilize a empilhadeira na movimentação e troca dos cilindro assim reduzindo de 24 min de troca para 5 min. No cabeçote tem de fato o tempo gasto com a limpeza de 46 % vide o gráfico 4, tem como intuito a troca de ferramenta nesta caso por uma pré pronta ao lado da máquina e realizar a limpeza do cabeçote de forma posterior ao *SETUP* reduzindo o tempo gasto em 30 %.

Como consequência das reduções do tempo de setup os lead times se tornaram menores, resultando em uma redução de pedidos em atraso, melhorando assim a credibilidade e produtividade da empresa.

Em média, os setups levaram menos de 40 minutos para ser realizados. Levando em consideração um período de 3 meses em que cada mês tem aproximadamente 30 amostras pode-se afirmar que o sistema está estável.

5 Sugestões futuras

Para sugestões futuras para este trabalho acadêmico, pode-se citar os pontos que não foram implementados devido a não ser o foco deste trabalho como troca de ferramentas e peças de união com parafusos e flanges para engate rápido como a união rotativa dos cilindros e acoplamentos do eixo do cilindro ao redutor, conforme figura 12.

Figura 12 – Acoplamento do eixo e união rotativa



Fonte Autores, 2021

Outro ponto que pode ser abordado em trabalhos futuros é a implementação de check list e

padronização do método de trabalho.

Pode-se destacar neste trabalho, que o processo de padronização e SMED ainda estão em implementação e algumas melhorias são muito recentes e com grandes impactos, mas algumas das melhorias possuem projetos abertos como a implementação da troca de ferramentais para engate rápido e melhorias na automatização dos equipamentos para aumentar a eficiência e produtividade do setor.

5. Considerações finais

Finalizadas as etapas propostas de implementação do SMED, embora este deva ser considerado como um processo que necessita de melhoria contínua, a empresa obteve como benefício primordial o aumento da disponibilidade da máquina em 1 hora a cada troca de setup, o avanço dos conhecimentos técnicos de sua equipe que acompanhou o estudo e a simplificação e padronização de atividades que envolvem o a troca de ferramentas.

Levando em conta todos os ganhos obtidos pela empresa, percebe-se que a teoria encontrada nos referenciais bibliográficos de renomados autores e artigos científicos de outros estudos de caso condizem com a realidade encontrada nesse trabalho, mostrando que o conceito SMED se faz ser uma ferramenta útil e eficiente no que se refere à troca de ferramentas e aumento de disponibilidade de máquina, capaz de colaborar muito para empresas que buscam um processo mais enxuto e lucrativo.

Os resultados obtidos neste estudo comprovaram a eficácia da metodologia SMED, promovendo uma equipe de trabalho mais consciente sobre os desperdícios de tempo e flexibilizando o setor de extrusão para uma adaptação das flutuações de demanda.

Como resultado obtido deste trabalho pode-se destacar o grande ganho de tempo no setup somente de separar os setup's internos dos externos que foram por na média cerca de uma hora por setup com um baixo investimento, mas pode-se destacar o grande investimento para retirada da empilhadeira do processo e o cavaletes para organização do local de armazenagem dos cilindros de acabamentos. Apesar de todas as melhorias não serem realizadas fica para sugestões futuras para próximos trabalho a troca dos ferramentais e peças para engate rápido e a implementação de check-list e a padronização do método de trabalho por parte dos operadores.

Os aspectos gerenciais, este artigo trouxe à empresa uma melhoria na gestão, ao equilibrar os interesses do setor comercial com as diretrizes da produção. Além disso, a aplicação da metodologia permitiu que esforços fossem direcionados no sentido de aproveitar pedidos com

preparação de máquina semelhante o que acarretou como a redução do lead time garantindo, assim, o cumprimento de prazos perante os clientes internos e externos.

6 Referências

RODOLFO JR., Antonio; NUNES, Luciano R.; ORMANJI, Wagner. **Tecnologia do PVC 2ª edição** | Revista e ampliada. 2006 Braskem.

EMERENCIANO, Marcos Andre Moura Jordao; DANTAS, Misia Macedo; LOPES, Rodrigo Sampaio. **Aplicação da metodologia smed para redução do tempo de setup em uma indústria de bobinas plásticas**. Xxxvii encontro nacional de engenharia de producao. Joinville, SC, Brasil, 10 a 13 de outubro de 2017.

MELLO, Carlos Henrique Pereira et al. **Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução**. Production [online]. 2012, v. 22, n. 1 [Acessado 6 Junho 2021] , pp. 1-13. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000056>>. Epub 08 Nov 2011. ISSN 1980-5411. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132011005000056>.

SANTOS, V. D.; Candeloro, R. J. **Trabalhos Acadêmicos: Uma orientação para a pesquisa e normas técnicas**, 1 ed. AGE Ltda, 2006.

SHIBUYA, Marcelo; OLIVEIRA, Cleverson de. **A APLICAÇÃO DO SMED EM PROCESSOS DE EXTRUSÃO DE PLÁSTICOS ABS**. XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. São Carlos, SP, Brasil, 12 a15 de outubro de 2010.

SILVA, Gustavo Souza; Giarolla, BRUNO; Pereira, Jaciara; RODRIGUES, Cláudio Vilela; RODRIGUES, Acácio Ponciano. **Implementação da metodologia smed: pesquisa-ação em uma linha de extrusão de um fornecedor do setor automobilístico**. XXXVIII encontro nacional de engenharia de producao. Maceió, Alagoas, Brasil, 16 a 19 de outubro de 2018.

SILVA, Matheus Furlan da; SILVA, Diego da Rocha; SILVEIRA, Cicero Giordani da. **Utilização dos conceitos de troca rápida de ferramentas em um processo de fabricação de filtros de cigarros**. Xxxv encontro nacional de engenharia de producao. Fortaleza, CE, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2015.

SUGAI, Miguel; MCINTOSH, Richard Ian; NOVASKI, Olívio. **Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso**. Gest. Prod., São Carlos, v. 14, n. 2, p. 323-335, maio-ago. 2007.