

UNESP

**Faculdade de Engenharia do Campus de
Guaratinguetá**

**REDUÇÃO DE TEMPO DE SETUP DE UMA MÁQUINA DE
ENCARTUCHAMENTO PELA TÉCNICA SMED**

Orientador: Prof. Bruno Chaves Franco

Guaratinguetá

2012

DIEGO MASSAKATSU UETA

REDUÇÃO DE TEMPO DE SETUP DE UMA MÁQUINA DE
ENCARTUCHAMENTO PELA TÉCNICA SMED

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Bruno Chaves Franco

Guaratinguetá

2012

| | |
|------|---|
| U22r | <p data-bbox="347 1541 1321 1576">Ueta, Diego Massakatsu</p> <p data-bbox="347 1576 1321 1648">Redução de tempo de setup de uma máquina de encartuchamento pela técnica SMED / Diego Massakatsu Ueta – Guaratinguetá : [s.n], 2012.</p> <p data-bbox="347 1648 1321 1684">41 f : il.</p> <p data-bbox="347 1684 1321 1720">Bibliografia: f. 41</p> <p data-bbox="347 1765 1321 1832">Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2012.</p> <p data-bbox="347 1832 1321 1868">Orientador: Prof. Dr. Bruno Chaves Branco</p> <p data-bbox="347 1944 1321 1980">1. Produtividade industrial 2. Administração da produção I. Título</p> <p data-bbox="1168 2011 1321 2047">CDU 658.5</p> |
|------|---|



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

REDUÇÃO DE TEMPO DE SETUP DE UMA MÁQUINA DE ENCARTECHAMENTO
PELA TÉCNICA SMED

DIEGO MASSAKATSU UETA


ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Antonio Wagner Forti
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. MSc Bruno Chaves Franco
ORIENTADOR/ UNESP - FEG


Prof. Dr. Mauro Pedro Peres
UNESP - FEG


Prof. Dr. Jorge Muniz Junior
UNESP- FEG

Dezembro de 2012

À minha família, principalmente ao meu pai, que sempre estiveram ao meu lado, sem eles este trabalho não seria possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço meu pai Seiji, por sempre pensar primeiramente em sua família antes de qualquer outra coisa e também pela sua grande amizade.

A minha mãe Takako, por ser tão atenciosa, amiga e por me apoiar em momentos difíceis.

Aos meus irmãos Alexandra, Ricardo, Mary e Maikel por sempre acreditarem no meu potencial.

Aos meus sobrinhos Pedro e Aya por sempre me receberem aos finais de semana com um sorriso no rosto e um abraço apertado.

A todos meus irmãos de consideração da república, por me animarem em momentos difíceis, por dividirem alegrias em situações de tristeza e por serem pessoas incríveis que poderei contar por toda minha vida.

Agradeço também a minha grande amiga, companheira e confidente Karen Su Lam, sem ela toda a minha vida acadêmica nunca poderia ser concluída neste tempo.

Epígrafe

“No meio da dificuldade encontra-se a oportunidade.”

Albert Einstein

UETA, D. M., **SMED**. 2012. 41 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

RESUMO

Atualmente o mercado exige que as empresas se adaptem para que possam ter o menor custo possível em sua manufatura, seja ela de um bem ou serviço, assim obtendo um maior lucro. Para tal lucro o Sistema Toyota de Produção aplica ações práticas enxutas de fabricação com redução de gastos, menores lotes e estoques, originados pela demanda do mercado. A técnica SMED permite que com poucas ações, modificações e investimentos esse tempo não ultrapasse um dígito em seu tempo total. Este estudo de caso mostra que apenas com padronização e utilização de melhorias baratas, foi possível reduzir o tempo de setup em uma máquina de 70 minutos para o tempo de aproximadamente 48 minutos com pouco investimento, demonstrando a viabilidade da ferramenta apresentada.

PALAVRAS-CHAVE: Sistema Toyota de Produção, SMED, Setup.

UETA, D. M., **SMED**. 2012. 41 f. Monograph (Mechanical Engineering) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012.

ABSTRACT

Currently the market requires companies to adapt for they can have the lowest possible cost in their manufacturing, be it a good or service, thus obtaining a greater profit. For this profit the Toyota Production System applies lean manufacturing practices actions with reduced spending, smaller lots and stocks, generated by market demand. The technique allows SMED with few actions, changes and investments that time does not exceed one digit on your total time. This case study shows that only with standardization and use of inexpensive improvements, could reduce setup time on a machine for 70 minutes to time of approximately 48 minutes with little investment, demonstrating the viability of the tool presented.

KEY WORDS: Toyota Production System, SMED, Setup.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Estágio conceituais e suas respectivas técnicas (MARQUES & ENARI, 2011)..... | 28 |
| Figura 2: OEE acumulado até abril. | 31 |
| Figura 3: Substituição do parafuso allen por parafuso borboleta. | 36 |
| Figura 4: Gabarito fixo. | 36 |
| Figura 5: OEE acumulado até setembro. | 38 |
| Figura 6: Evolução do setup | 39 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Descrição das atividades..... | 32 |
| Tabela 2: Diferenciação das atividades internas e externas | 33 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 13 |
| 1.1. Contextualização do problema..... | 13 |
| 1.2. Objetivo | 14 |
| 1.3. Justificativa | 14 |
| 1.4. Método de Pesquisa..... | 15 |
| 1.5. Estrutura do trabalho..... | 16 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 17 |
| 2.1. Desperdícios no processo produtivo | 17 |
| 2.2. OEE (Overall Equipment Effectiveness) | 18 |
| 2.3. SMED | 19 |
| 2.3.1. Estratégias e técnicas para aplicação do SMED | 22 |
| 2.3.2. Proposta metodológica para o SMED | 24 |
| 2.3.3. Estágio estratégico | 25 |
| 2.3.3.1. Convencimento da alta gerência..... | 25 |
| 2.3.3.2. Definição de metas..... | 25 |
| 2.3.3.3. Treinamento da equipe de implantação..... | 26 |
| 2.3.3.4. Definição da estratégia de implantação..... | 26 |
| 2.3.3.5. Definição do processo a ser inicialmente abordado | 27 |
| 2.3.4. Estágios operacionais | 27 |
| 2.3.4.1. Estágio preliminar: <i>setup</i> interno e externo não se distinguem..... | 28 |
| 2.3.4.2. Estágio 1: separando <i>setup</i> interno e externo | 28 |
| 2.3.4.3. Estágio 2: conversão do <i>setup</i> interno em <i>setup</i> externo | 29 |
| 2.3.4.4. Estágio 3: melhoria sistemática de cada operação básica do <i>setup</i> interno e externo .. | 29 |
| 3. PESQUISA-AÇÃO | 30 |
| 3.1. Estágio Preliminar - <i>Setup</i> interno e externo não diferenciados..... | 30 |
| 3.2. Estágio 1 – Separando <i>setup</i> interno e externo | 33 |
| 3.3. Estágio 2 – Convertendo <i>setup</i> interno em externo | 35 |
| 3.4. Estágio 3 – Racionalização os aspectos da operação do <i>setup</i> | 35 |
| 3.5. Resultados obtidos..... | 37 |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO | 40 |
| 4.1. Sugestões para futuros trabalhos..... | 41 |
| REFERENCIAS | 42 |

Lista de Abreviaturas e Siglas

OEE - Overall equipment effectiveness

SMED - (Single Minute of Exchange Die)

DMAIC - Definir (Define)- Medir (Measure)- Analisar (Analyze)- Melhorar (Improve)- Controlar (Control)

STP - Sistema Toyota de Produção

1. INTRODUÇÃO

1.1. Contextualização do problema

O crescimento da indústria, nos últimos anos faz com que seja necessária a maior flexibilidade da produção fabril, sendo obtida de forma eficaz por meio de melhorias contínuas nos processos de fabricação, visando rápida resposta às variações do mercado, possibilidade de produção em pequenos lotes, redução de custo e diminuição do *lead time*.

A redução do tempo gasto em *setup* é condição necessária para diminuir o custo unitário de preparação. Tal redução é importante por três razões (Harmon & Peterson, 1991):

- Quando o custo de *setup* é alto, os lotes de fabricação tendem a ser grandes, aumentando o investimento em estoques;
- As técnicas mais rápidas e simples de troca de ferramentas diminuem a possibilidade de erros na regulagem dos equipamentos;
- Redução do tempo de *setup* resultará em aumento do tempo de operação do equipamento (FOGLIATTO, 2003);

Eficácia total do equipamento (OEE - Overall equipment effectiveness) é um indicador que reflete as principais perdas relacionadas com o equipamento. Quantifica quanto eficaz é o equipamento na agregação de valor ao produto obtido num processo produtivo. Do mesmo modo que as perdas de produção relacionadas com os equipamentos têm três origens, o OEE é composto por três fatores:

- Disponibilidade;
- Eficiência;
- Qualidade; (KELKAR, 2012).

Essas questões podem ser auxiliadas utilizando a técnica SMED (Single Minute of Exchange Die) desenvolvida por Shigeo Shingo durante a década de 70 e utilizada até hoje.

O SMED pode ser descrito como uma técnica para redução dos tempos de preparação de equipamentos e ela tem as seguintes vantagens:

- Produção econômica em pequenos lotes;

- Aumento do OEE da máquina;
- Auxilia na redução do lead time, possibilitando à empresa resposta rápida diante das mudanças do mercado;
- Reduz a incidência de erros na regulação dos equipamentos (HARMON & PETERSON, 1991; FOGLIATTO, 2003).

Atualmente em uma determinada área da empresa farmacêutica Johnson & Johnson, existe uma alta demanda de *setup* de máquina na qual para cada setup leva em média 70 minutos. Este tempo de troca de ferramenta acarreta em um OEE abaixo do esperado devido ao baixo tempo de disponibilidade da máquina.

1.2. Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar a implantação da técnica SMED para redução do tempo de preparação (*Setup*) da máquina de encartuchamento de hastes.

1.3. Justificativa

Atualmente as indústrias estão cada vez mais se empenhando em aumentar o rendimento das máquinas, aumentar o volume de produção, reduzir o custo de produção, através da redução de perdas no processo produtivo.

Entre os métodos e conceitos da Produção Enxuta está o Single Minute Exchange of Die (SMED). Esta ferramenta caracteriza-se pela sua eficiência, por meio da qual realiza a redução de tempo de setup de máquina, trabalhando com o conceito de transferência e separação de elementos do setup interno para o setup externo (MARQUES & ENARI, 2011).

Dentro deste contexto, a empresa Johnson&Johnson, fabricante de produtos de consumo, especializada na produção de farmacêuticos e utensílios médicos, passa por uma dificuldade em uma determinada área (por motivos de sigilo os nomes da área, produtos e máquina não serão revelados durante o trabalho), na qual são produzidos dois produtos cartucho 100 e cartucho 150 em uma mesma máquina de

encartuchamento. Devido à demanda de mercado a troca do cartucho 100 para o cartucho 150, e vice-versa, é realizada aproximadamente 194 vezes ao ano. Esta troca de ferramental gera uma preparação da máquina que consome em média 70 (setenta) minutos a qual gera uma parada de produção mensal de 226 horas, reduzindo o rendimento da máquina, atualmente o OEE está em 73,4%, afetando na avaliação do operador, do técnico mecânico e do técnico eletricista.

1.4. Método de Pesquisa

Este trabalho trata-se de uma Pesquisa-Ação, que de acordo com Thiollent (2007) é uma aplicação de uma ação em que o pesquisador participa ativamente na solução do problema abordado. A pesquisa-ação é uma abordagem da pesquisa social aplicada na qual o pesquisador e o cliente colaboram para diagnosticar e solucionar um problema, tais descobertas resultantes irão contribuir para a base de conhecimento em um domínio empírico particular.

Na pesquisa-ação, o termo pesquisa se refere à produção do conhecimento e o termo ação, a uma modificação intencional de uma dada realidade. A pesquisa-ação é a produção de conhecimento guiada pela prática, com a modificação de uma dada realidade ocorrendo como parte do processo de pesquisa. Neste método de pesquisa, o conhecimento é produzido e a realidade é modificada simultaneamente, cada um ocorrendo devido ao outro (OQUIST, 1978).

Uma pesquisa para ser qualificada como pesquisa-ação, é vital a implantação de uma ação por parte das pessoas ou grupos implicados no problema sob observação. Além disso, é necessário que a ação seja não trivial, significa que a ação deve ser investigada, sob o ponto de vista científico, para ser elaborada e conduzida. Na pesquisa-ação os pesquisadores desempenham um papel ativo no equacionamento dos problemas encontrados, no acompanhamento e na avaliação das ações desencadeadas em função dos problemas.

A configuração da pesquisa-ação depende dos seus objetivos e do contexto no qual é aplicada. Quanto a seus objetivos, a pesquisa-ação é organizada para realizar os objetivos técnicos de um ator social que dispõe de suficiente autonomia para encomendar e controlar a pesquisa. Os pesquisadores assumem os objetivos definidos

e orientam a investigação em função dos meios disponíveis. Quanto ao contexto, a pesquisa-ação é realizada dentro de uma organização (empresa ou instituição) na qual existe hierarquia ou grupos cujos relacionamentos apresentam problemas (THIOLLENT, 2007). Mello et al (2012) mostra a pesquisa-ação é um método de pesquisa qualitativa que cada vez mais se destaca como estratégia de pesquisa adotada em engenharia de produção e propõe um processo para o planejamento e condução deste tipo de pesquisa.

1.5. Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado em 6 capítulos incluindo este introdutório, no qual consta uma pequena introdução do problema abordado, o objetivo, justificativa e método de pesquisa.

No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica, onde são apresentados os conceitos de desperdícios no processo produtivo, OEE e SMED.

No capítulo 3 é apresentada a pesquisa-ação, na qual mostra os 3 estágios da ferramenta SMED desenvolvidos no projeto.

No capítulo 4 é apresentada a considerações finais, onde são mostrados os resultados obtidos a partir das ações mostradas no capítulo 3 e quais são os próximos passos para manter a melhoria contínua.

No capítulo 5 é apresentada a conclusão, onde se faz uma reflexão sobre o objetivo do trabalho e a ferramenta utilizada para desenvolver o projeto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Desperdícios no processo produtivo

Em um mundo competitivo, o foco na qualidade do atendimento ao cliente, seja do produto ou do serviço, é necessário para que se garanta a sobrevivência das empresas flexibilidade e eficiência. Defeitos e atrasos na entrega dos produtos são atos que não são aceitos pelo consumidor. A crescente exigência destes por produtos customizados e entregas rápidas tem provocado uma discordância entre as empresas e o tradicional sistema de produção em massa, que muitas vezes não consegue atingir as satisfações dos clientes.

Quando Taichi Ohno começou a galgar os primeiros passos no desenvolvimento do Sistema de Produção da Toyota, popularizado atualmente pelo termo de Produção Enxuta, este buscou eliminar uma série de problemas inerentes ao sistema de produção em massa. Nesse contexto, Ohno identificou e eliminou uma série de desperdícios dentro do setor produtivo. Segundo Hines & Taylor (2000), os princípios da produção enxuta desenvolvida por Ohno foram:

- Determinar o que gera e o que não gera valor sob a perspectiva do cliente. Não se deve avaliar sob a óptica da empresa ou de seus departamentos, mas sim do cliente.
- Identificar todos os passos necessários para produzir o produto ao longo de toda linha de produção, de modo a não serem gerados desperdícios.
- Promover ações com objetivo de criar um fluxo de valor contínuo, sem interrupções, ou esperas.
- Produzir somente nas quantidades solicitadas pelo consumidor.
- Esforçar-se para manter uma melhoria contínua, evitar perdas e desperdícios.

Womack & Jones (1996) ressaltam que sete tipos de desperdícios foram identificados por Shingo (1996) para o Sistema Toyota de Produção:

1. Superprodução: Produzir excessivamente ou cedo demais, resultando em um fluxo pobre de peças e informações, ou excesso de inventário;

2. Espera: Longos períodos de ociosidade de pessoas, peças e informação, resultando em um fluxo pobre, bem como em lead times longos;
3. Transporte excessivo: Movimento excessivo de pessoas, informação ou peças resultando em dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia;
4. Processos Inadequados: Utilização do jogo errado de ferramentas, sistemas ou procedimentos, geralmente quando uma aproximação mais simples pode ser mais efetiva;
5. Inventário desnecessário: Armazenamento excessivo e falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos e baixo desempenho do serviço prestado ao cliente;
6. Movimentação desnecessária: Desorganização do ambiente de trabalho, resultando baixo desempenho dos aspectos ergonômicos e perda frequente de itens.
7. Produtos Defeituosos: Problemas frequentes nas cartas de processo, problemas de qualidade do produto, ou baixo desempenho na entrega six sigma , em outras palavras, um nível de desempenho que demonstra significativamente a redução de defeitos no produto final. Também é uma medida estatística que comparar (benchmark) processos de serviços e de produção entre empresas, mostrando aquela que representa maior força na qualidade (NAZARENO, 2003).

Podemos mencionar o oitavo desperdício que se trata de não aproveitar o conhecimento das pessoas, a falta de informação para com os clientes, fornecedores e entres os funcionários podem trazer prejuízos financeiros e de tempo para a empresa (MUNIZ, 2007).

2.2. OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Eficácia total do equipamento (OEE - Overall equipment effectiveness) é um indicador que reflete as principais perdas relacionadas com o equipamento. Quantifica quanto eficaz é o equipamento na agregação de valor ao produto obtido num processo produtivo. Do mesmo modo que as perdas de produção relacionadas com os equipamentos têm três origens, o OEE é composto por três fatores:

- Disponibilidade;
- Eficiência;
- Qualidade;

O fator de disponibilidade (D) é um indicador para medir perdas por paradas não planejadas (falta de mão de obra, falta temporária de material, aguardando manutenção, etc). Eficiência (E), este fator é a relação entre a medida de volume produzido e o volume programado dentro do período determinado. Qualidade (Q) pode ser obtida pela subtração de componentes rejeitados a partir do número total produzido. O produto acima mencionado das três medidas resulta em OEE máquina. Assim:

$$OEE = D \times E \times Q \text{ (equação 1)}$$

Os dados estatísticos coletados a partir de informações do chão de fábrica são úteis para a melhoria e a análise do OEE permite:

- Tomar decisões sobre as ações corretivas e de melhoria com base em factos e dados reais e não em opiniões;
- Priorizar as ações que trarão maiores e mais rápidos resultados;
- Acompanhar os efeitos das ações pela evolução positiva do OEE e dos seus fatores

A melhoria do OEE é um processo contínuo que, normalmente, é enquadrado em programas como TPM - Manutenção Produtiva Total ou na implementação dos conceitos de Produção Enxuta na gestão das unidades produtivas. As estratégias para eliminar as oito perdas e, conseqüentemente, melhorar o OEE. (RELKAR, 2012)

2.3. SMED

O Sistema Toyota de Produção (STP), criado por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno na década de 1950, ganhou seus primeiros contornos na literatura acadêmica com o professor Yasuhiro Monden. Com o STP busca-se, principalmente, a eliminação de desperdícios, e para tal, foram criadas técnicas como: a produção em pequenos lotes, redução de estoques, alto foco na qualidade, manutenção preventiva, entre outras. A

produção em pequenos lotes e a redução de estoques incentivam enormemente ações no sentido da redução do tempo de preparação de máquina, *setup* de máquina, um capacitador da produção puxada, de acordo com Godinho Filho e Fernandes (2004).

As técnicas aplicadas na Toyota foram todas desenvolvidas internamente, com exceção do SMED, sistema para redução de tempo de *setup* de máquinas, elaborado em colaboração com o consultor Shigeo Shingo (WOMACK; JONES, 1998). Ao realizar as primeiras análises sobre o STP, Monden (1984) apontava que o sistema de Shingo, além de ser um conceito inovador genuinamente japonês, seria também uma teoria muito comum cuja prática seria difundida na engenharia industrial em todo o mundo. Cusumano (1989), porém, comentava que o *setup* rápido é originário dos Estados Unidos. Conforme este autor, Ohno conheceu em meados dos anos 1950 as prensas de *setup* rápido da Danly Machine em Chicago e descobriu a grande solução que a redução do tempo de *setup* oferecia para a produção em pequenos lotes e redução de estoques. Contratou Shingo para desenvolver a metodologia na Toyota.

No relato da criação do SMED, Shingo distingue três etapas para o desenvolvimento da metodologia que foi concebida ao longo de 19 anos (SHINGO, 1985).

A primeira etapa ocorreu na planta da Mazda Toyo Kogyo em 1950, na cidade de Hiroshima. Ao analisar as atividades de troca de matrizes de uma prensa, Shingo identificou e classificou como *setup* interno o conjunto de atividades realizadas com a máquina parada, e *setup* externo como o conjunto de operações realizadas com máquina em funcionamento.

A segunda etapa foi no estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries, em Hiroshima no ano de 1957, na qual foi realizada a duplicação de ferramentas para que o *setup* fosse feito separadamente, gerando aumento de 40% na produção. Apesar da euforia com o resultado, esta etapa de trabalho não contribuiu diretamente para formar o corpo da metodologia.

Por fim, a terceira e última etapa ocorreu em 1969 na Toyota Motors Company, em que cada operação de *setup* de uma prensa de 1.000 toneladas exigia quatro horas de trabalho, enquanto que uma prensa similar na Volkswagen exigia apenas duas horas. Em uma primeira fase de seu trabalho de consultoria, Shingo conseguiu uma

redução desse tempo para 90 minutos. Após exigência da diretoria da Toyota, aplicaram-se mais esforços na redução do tempo, gerando o conceito de conversão de *setup* interno em *setup* externo, isto é, a transferência de algumas atividades com a máquina parada para o momento que esta estivesse em funcionamento. Dessa forma, houve uma considerável redução do tempo da máquina parada para apenas três minutos. Dessa forma, Shingo criou sua metodologia, que na versão em inglês recebeu a sigla SMED, iniciais de “single-minute exchange of die”. Esta sigla traz aglutinado um conceito e uma meta de tempo: troca de matrizes em menos de dez minutos.

A troca rápida de ferramentas (SMED) pode ser descrita como uma metodologia para redução dos tempos de preparação de equipamentos, possibilitando a produção econômica em pequenos lotes. A utilização do SMED auxilia na redução dos tempos de atravessamento (*lead times*), possibilitando à empresa resposta rápida diante das mudanças do mercado. Outra vantagem do SMED é a produção econômica de pequenos lotes de fabricação, o que geralmente exige baixos investimentos no processo produtivo (Shingo 2000). Além disso, a SMED reduz a incidência de erros na regulagem dos equipamentos (Harmon& Peterson, 1991).

A redução do tempo gasto em *setup* é condição necessária para diminuir o custo unitário de preparação. Tal redução é importante por três razões (Harmon & Peterson, 1991):

1. Quando o custo de *setup* é alto, os lotes de fabricação tendem a ser grandes, aumentando o investimento em estoques;
2. As técnicas mais rápidas e simples de troca de ferramentas diminuem a possibilidade de erros na regulagem dos equipamentos;
3. A redução do tempo de *setup* resultará em aumento do tempo de operação do equipamento.

A técnica SMED é essencial para a obtenção das qualidades necessárias à manutenção da estratégia competitiva das empresas em relação aos clientes e mercados e, principalmente, para atingir uma produção *just in time*, em que tais qualidades dependem da redução do *lead time*. A redução do *lead time* depende da redução dos estoques intermediários, da sincronização da produção e do tamanho dos lotes de fabricação. A redução do tamanho dos lotes é função da redução dos tempos de *setup*,

isto é, possui elevado grau de dependência no SMED.

No estágio estratégico, a metodologia enfoca a criação de ambiente favorável à implantação, enfatizando o envolvimento de funcionários da empresa em todos os seus níveis hierárquicos e planejando a formação de times de implantação. O estágio preparatório é o primeiro passo para as ações voltadas à definição das estratégias de implantação do SMED, assim como da análise e da avaliação do processo atual. O estágio operacional consiste na aplicação prática das metodologias propostas para SMED, buscando um procedimento que possa ser aplicado de maneira genérica, independente do ramo de atuação e das características de cada empresa. O último estágio, de comprovação, consiste na consolidação das estratégias e das técnicas utilizadas na implantação da técnica SMED. A partir desse estágio, o ambiente deve estar preparado para ações de continuidade voltadas à redução do tempo de *setup*, no que se refere a novos projetos de produtos e processos, e à definição das políticas que determinarão o futuro da planta produtiva (FOGLIATTO; FAGUNDES, 2003).

2.3.1. Estratégias e técnicas para aplicação do SMED

O objetivo do SMED é a redução e a simplificação do *setup*, por meio da redução ou eliminação das perdas. Na prática, o SMED é desdobrada em estratégias e técnicas de implantação, sendo esses os objetos de estudo desta seção.

Shingo (1996, 2000) define SMED a partir de uma visão primeiramente estratégica, seguida de conceitos para implantação da ferramenta e técnicas de apoio. Dois grupos de estratégias são sugeridos para minimizar as perdas decorrentes da troca de produtos em uma operação:

- 1. Estratégias envolvendo habilidades:* procedimentos eficientes no *setup* resultam do conhecimento sobre o equipamento em estudo da habilidade e experiência do operador nas tarefas ao procedimento de *setup*. Em máquinas mais complexas, utiliza-se o conceito do preparador, ficando o operador do equipamento com as tarefas auxiliares da preparação.
- 2. Estratégias envolvendo tamanho de lote:* para reduzir as perdas decorrentes de *setups* longos sobre o desempenho do sistema, uma solução é aumentar o tamanho do lote para compensar a parada do equipamento. A fabricação de grandes lotes,

entretanto, pode ser indesejável se resultar em produção antecipada ou formação de estoques. O SMED permite a redução dos custos de *setup* em lotes, resultando em lotes de fabricação de tamanho reduzido.

O processo de melhoria no tempo de troca de ferramentas proposto por Shingo (2000) é constituído de quatro estágios. No estágio preliminar, não se distinguem as condições de *setup* interno (que ocorrem com a máquina parada) e externo (que ocorrem com a máquina em operação). O objetivo é analisar a operação atual de *setup*, com participação dos operadores envolvidos na preparação em estudo. No estágio 1, considerado o mais importante da implantação do SMED, ocorre a distinção entre as operações de *setup* interno e externo. No estágio 2 ocorre análise da operação de *setup*, com o objetivo de verificar a possibilidade de converter operações de *setup* interno em externo. No estágio 3 é realizada análise de cada ação das operações de *setup* interno e externo, buscando sua racionalização por meio da eliminação de ajustes e operações do *setup*.

Esses estágios deixam claro que o SMED é composto por duas ações principais, análise e implementação, salientando a distinção entre as operações de *setup* interno e externo e a racionalização dos elementos componentes das ações de *setup*. Para a aplicação dos estágios conceituais do SMED, propõe-se o emprego de oito técnicas:

1. Separar operações internas e externas;
2. Converter *setup* interno em externo;
3. Padronizar a função dos elementos de *setup*;
4. Utilizar fixadores funcionais nos equipamentos ou eliminar fixadores;
5. Utilizar dispositivos intermediários para eliminar ajustes durante o *setup* interno;
6. Adotar operações paralelas;
7. Otimizar operações eliminando a necessidade de ajustes;
8. Mecanizar as operações.

O SMED é um método científico baseado na análise de tempos e movimentos relativos às operações de *setup*. A adoção do SMED não requer, obrigatoriamente, grandes investimentos em equipamentos.

A identificação e a aplicação de técnicas de melhoria estão relacionadas a cada

uma das partes. No contexto de programa de melhoria, utilizam-se técnicas de *Kaizen*, sob o enfoque do comprometimento da equipe de trabalho em utilizar a capacidade criativa na melhoria dos métodos existentes. A consideração mais importante em McIntosh *et al.* (2000) diz respeito ao período de *run-up* (período, após a realização do *setup*, até a estabilização do processo, em que há possibilidade de ocorrência de ajustes). Esse período de *run-up*, apesar de significativo, geralmente não está claramente identificado, fazendo com que não seja percebido durante o tempo em operação do equipamento (FOGLIATTO; FAGUNDES, 2003).

2.3.2. Proposta metodológica para o SMED

Segundo Sugai (2007), apud Shingo (2000), no estágio preliminar não há distinção entre o *setup* interno e externo. Nessa fase é realizado um levantamento prévio do tempo inicial das atividades de *setup*. Vale destacar que a entrevista dos operadores, assim como a filmagem e a cronometragem do processo, constitui valioso arsenal de ferramentas de avaliação.

No estágio 1 realizou-se a organização das atividades por meio de um levantamento envolvendo todo processo, bem como a classificação e separação das atividades do *setup* interno e externo. Entenda-se como *setup* interno aquelas atividades que são realizadas com a máquina em vazio (parada), e *setup* externo como sendo as atividades que são realizadas com o equipamento em funcionamento. Destaca-se também a busca pela melhoria na eficiência das atividades de transporte que envolve o *setup* interno e externo.

Na fase do estágio 2 acontece o refinamento das atividades promovidas pelo estágio 1, através de um novo exame das operações. Cabendo, portanto, uma análise criteriosa com o propósito de verificar se alguma atividade teria sido alocada de forma equivocada ao *setup*.

O estágio 3 caracteriza-se pela racionalização de todos os aspectos do *setup* (SHINGO, 2000). Para Sugai (2007) a palavra racionalização não é a mais adequada, pois pode induzir a considerar esta fase como fixação de métodos ou procedimentos. Para tanto, Shingo (2000) apresenta outra definição para o terceiro estágio conceitual: “Melhoria sistemática de cada operação básica do *setup* interno e externo.”

2.3.3. Estágio estratégico

2.3.3.1. Convencimento da alta gerência

A alta gerência pode ser considerada o nível hierárquico da empresa que possui maior grau de influência nas decisões que envolvam mudanças que necessitem de investimentos ou tenham, como resultado final, alterações significativas no processo de manufatura da empresa. O convencimento da alta gerência pode ser promovido pela visualização da necessidade de mudança e dos possíveis resultados de melhoria. Tais argumentos permitem obter o comprometimento dessa classe diante da introdução de um novo processo.

No contexto do SMED, para o comprometimento da alta gerência é necessário o conhecimento dos seguintes aspectos:

1. Estratégias e técnicas para a troca rápida de ferramentas;
2. Noção dos resultados que possam vir a ser alcançados;

A necessidade de mudança, seja imposta pela alteração das características de mercado seja pela visualização das melhorias que podem ser alcançadas, é favorável à solidificação da posição da empresa em seu mercado alvo. Esses dois argumentos são suficientes para o início de um projeto de implantação do SMED. Para a obtenção de melhorias no tempo de *setup*, o conhecimento das estratégias e técnicas de aplicação do SMED e a noção dos resultados que possam ser alcançados formam uma base de conhecimento inicial indispensável à alta gerência (FOGLIATTO; FAGUNDES, 2003).

2.3.3.2. Definição de metas

As metas para a implantação de um projeto de SMED devem levar em consideração três fatores:

1. Existência e análise de indicadores que comprovem a situação inicial dos tempos de *setup* antes do início do projeto;
2. Definição do percentual de redução de tempo de *setup* que se deseja

alcançar;

3. Definição de cronograma de implantação que contenha a sequência das atividades de implantação, os responsáveis por atividade e uma estimativa de tempo para a conclusão de cada atividade (FOGLIATTO; FAGUNDES, 2003).

2.3.3.3. Treinamento da equipe de implantação

O conhecimento da técnica SMED a ser repassado à equipe de implantação deve ser abrangente, analisando todas as estratégias e técnicas de aplicação, com base em casos bem-sucedidos em relação à sua aplicação prática. Os seguintes aspectos devem ser observados durante o treinamento da equipe de implantação:

1. O número de participantes da equipe de implantação deve ser suficiente para que haja pelo menos uma pessoa da equipe em cada time de implantação, para atuarem como multiplicadores;

2. Emprego de exemplos práticos, com visitas a empresas que já tenham adotado uma técnica de redução dos tempos de *setup* com sucesso;

3. O conhecimento adquirido pela equipe de implantação deve ser o suficiente para possibilitar o repasse da metodologia a todos os participantes dos times de implantação.

Quanto aos times de implantação, o treinamento pode ter enfoque voltado à aplicação prática da técnica. O conhecimento de todas as estratégias e técnicas é importante, mas pode ocorrer de maneira menos abrangente, objetivando o entendimento, a conscientização da necessidade de redução, o comprometimento de todos os membros do grupo e a visualização de uma oportunidade de melhoria em relação à redução dos tempos de *setup*. O treinamento pode ser realizado pelos componentes da equipe de implantação, enfatizando características inerentes à cultura da empresa (FOGLIATTO; FAGUNDES, 2003).

2.3.3.4. Definição da estratégia de implantação

A estratégia de implantação corresponde ao planejamento do projeto de SMED. O planejamento é a atividade que envolve a identificação das alternativas potenciais

de ação que possam satisfazer um objetivo e a avaliação dos meios necessários para sua implementação (Ghinato, 1996).

O primeiro passo para a definição da estratégia de implantação da técnica SMED é a definição de um coordenador para o projeto. Como características de perfil do coordenador, devem ser observados os seguintes aspectos: conhecimento das estratégias e técnicas para aplicação da técnica SMED; capacidade de liderança (FOGLIATTO; FAGUNDES, 2003).

2.3.3.5. Definição do processo a ser inicialmente abordado

Conforme Shingo (2000), a técnica SMED deve ser aplicada a todas as atividades produtivas do processo de manufatura que contenham operações de *setup*. É importante observar, todavia, que projetos dessa natureza envolvem mudança de comportamento, devendo ser iniciados por meio de experiência piloto. A definição de um processo piloto ou inicial é importante para que haja sedimentação dos conceitos da técnica SMED e teste prático dos novos conhecimentos adquiridos. A definição do processo piloto possibilita reavaliação e revisão de ações que porventura não tenham obtido êxito na aplicação prática, antes de sua replicação em outros processos da empresa.

A definição do processo inicial é um complemento da etapa anterior, pois, depois de verificado o produto a ser focalizado na primeira implantação da metodologia, deve-se determinar o processo piloto, seguindo a ideia de trabalhar no processo gargalo, em que os ganhos possam efetivamente ser maiores. O processo piloto, trabalhado pelos membros da equipe de implantação, será um laboratório com a participação de todos os membros da equipe; seus resultados positivos devem ser elementos promotores da motivação e envolvimento de toda a empresa (FOGLIATTO; FAGUNDES, 2003).

2.3.4. Estágios operacionais

Na Figura 1, apresenta-se a representação figurada do SMED contendo os estágios conceituais e suas respectivas técnicas. A partir da figura, percebe-se que há

dois níveis distintos no SMED, que são os estágios conceituais e as técnicas correspondentes aos estágios conceituais. Os estágios conceituais estão ordenados da seguinte forma.

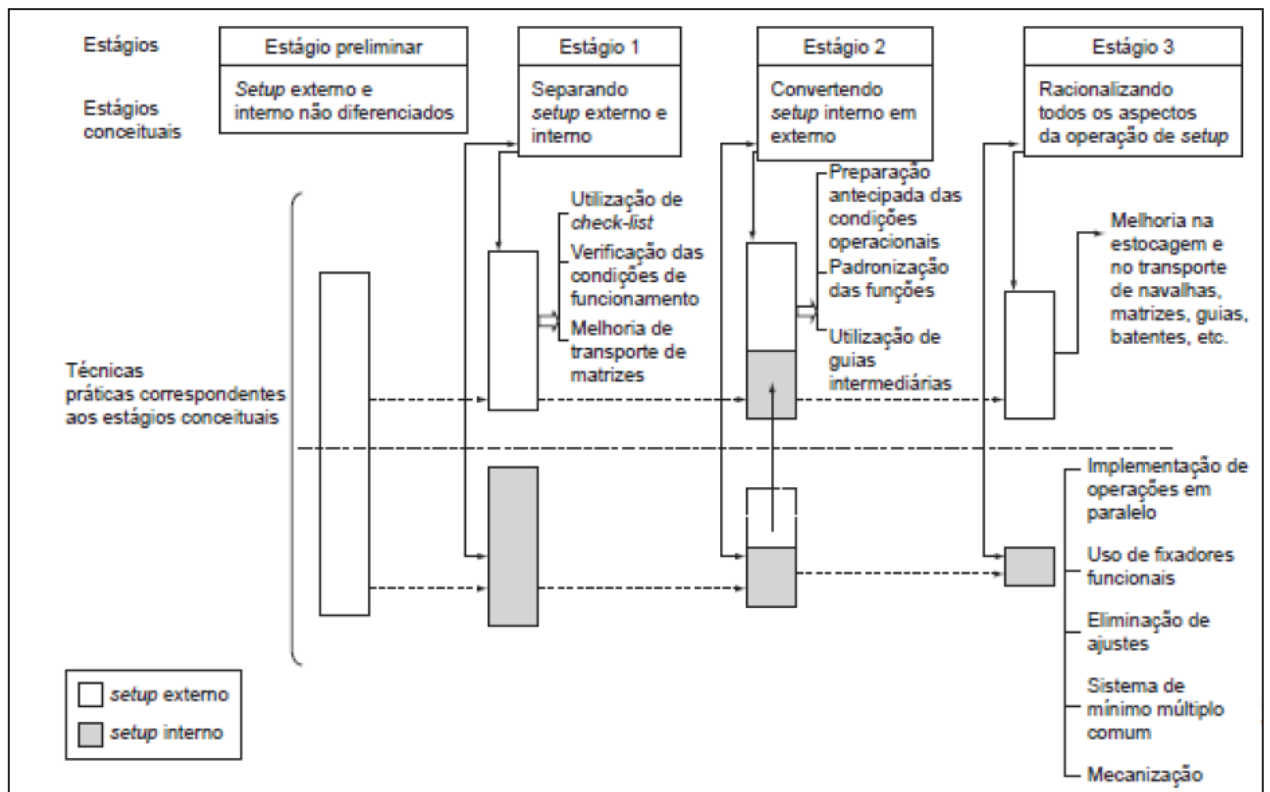


Figura 1: Estágio conceituais e suas respectivas técnicas (MARQUES & ENARI, 2011).

2.3.4.1. Estágio preliminar: *setup* interno e externo não se distinguem

O estágio preliminar oferece apenas os parâmetros de tempo inicial das atividades realizadas no *setup*. Para obter os tempos das atividades, Shingo (1985) indica a possibilidade do uso do cronômetro, do estudo do método, de entrevista com operadores ou da análise da filmagem da operação.

2.3.4.2. Estágio 1: separando *setup* interno e externo

Esta fase corresponde à organização das atividades, classificando-as e separando-as como *setup* interno, aquelas realizadas com a máquina parada e *setup* externo como sendo atividades realizadas com a máquina em funcionamento.

2.3.4.3. Estágio 2: conversão do setup interno em setup externo

Neste estágio é necessário examinar das operações listadas para verificar se alguma operação tenha sido erroneamente alocada e converter as atividades internas em *setup* externo.

2.3.4.4. Estágio 3: melhoria sistemática de cada operação básica do setup interno e externo

O intuito de se chegar num único dígito pode não ser alcançada nos estágios anteriores, sendo necessária a melhoria contínua de cada elemento, tanto do *setup* interno como externo (SUGAI; MCINTOSH; NOVASKI, 2007).

3. PESQUISA-AÇÃO

O engenheiro de processos da área identificou a oportunidade verificando o tempo que é levado para se executar o *setup* da máquina de encartuchamento, acompanhando o procedimento. Então, sabendo da técnica SMED, o engenheiro apresentou a necessidade e a proposta de melhoria para gerência na qual foi aprovado para execução.

Após o engenheiro apresentar a proposta de melhoria na máquina de encartuchamento, antes de começar o estágio preliminar da técnica SMED, foi necessário montar o time de melhoria, contando com mecânicos, operadores de máquina, facilitadores, estagiários e engenheiros.

O desafio encontrado nesta etapa foi apresentar aos mecânicos e operadores que a técnica seria eficaz, pois a técnica propõe uma mudança de rotina durante o procedimento do *setup*, altera o raciocínio lógico desenvolvido pelos mesmos ao longo de muitos anos de experiência de trabalho.

Para conscientizar os mecânicos e operadores a empresa buscou uma estratégia de treinamento com o objetivo de apresentar a técnica e os benefícios de sua utilização, como benefícios a empresa apresentou:

- A técnica irá oferecer mais facilidade para o *setup* da máquina de encartuchamento;
- Terão mais tempo disponíveis para executar mais ordens de serviço, assim não acumulará trabalho;
- Reduzirá o tempo de horas-extras prolongadas, assim podendo retornar para as suas residências mais cedo;
- Haverá uma integração com os gestores da área;

3.1. Estágio Preliminar - Setup interno e externo não diferenciados

O estágio preliminar oferece apenas os parâmetros de tempo inicial das atividades realizadas no *setup* (SHINGO, 1985).

Os dados analisados da máquina de encartuchamento tratam-se do período de 1 ano (14/05/2012 até 14/05/2012) onde ocorreram 194 trocas de ferramenta num total de minutos de 13.580 minutos, dando uma média de 70 minutos por troca de ferramentas.

Pelo gráfico apresentado na Figura 2, pode se perceber que com as condições atuais o rendimento da máquina de encartuchamento (OEE) está em média 73,4% no ano acumulado de 2012 até o mês de abril.

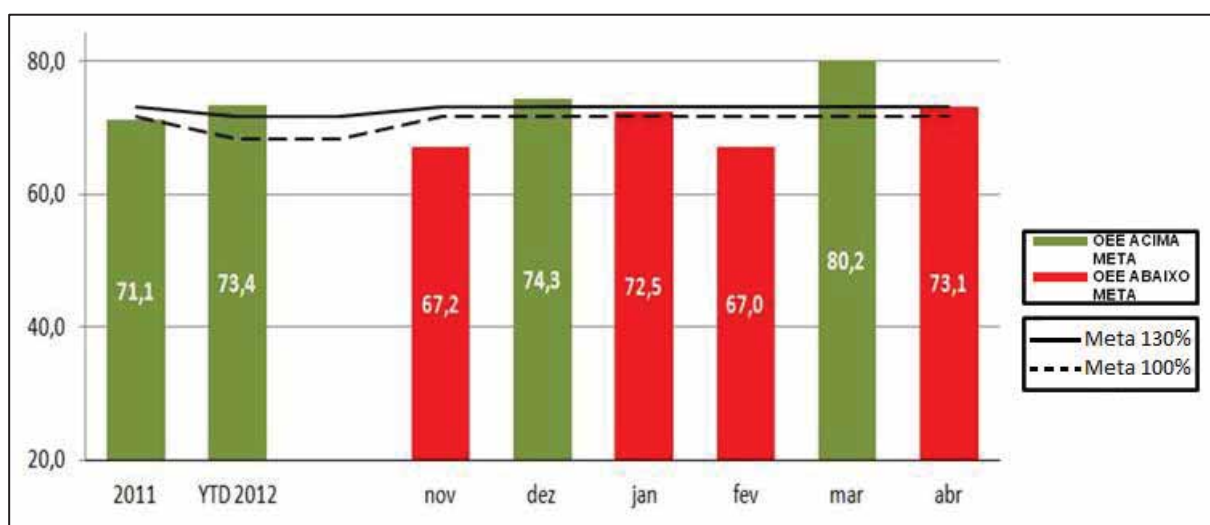


Figura 2: OEE acumulado até abril.

As linhas pontilhada e contínua representam metas de produção de 100% e 130% respectivamente, tais metas de produção são estabelecidas pela gerência para que os operadores se dediquem para alcançar estas metas apresentadas.

A cor verde das barras representa que a produção está acima da meta e a cor vermelha representa que a produção está abaixo da meta.

Das barras que estão na cor vermelha constata-se que estas estão abaixo da meta de 130% de produção e as barra na cor verde estão acima da meta de 130%.

Uma informação importante constatada antes da aplicação do SMED, é que o mecânico realizava as tarefas sem padronização, por mais que existisse um, usando seu conhecimento para a troca de acordo com suas necessidades, isso fazia com que ocorresse muita perda por movimentação e ações desnecessárias, gerando um tempo total de setup de 70 minutos.

A Tabela 1 apresenta do estudo de tempos para a operação de *setup*, o tempo corrido é tempo na qual se inicia o setup da máquina de encartuchamento e não se para o cronômetro, o tempo corrido mostrado para cada atividade mostra em qual momento do cronometro ela foi executada e o tempo de atividade é o tempo que leva para cada atividade ser executada.

Tabela 1: Descrição das atividades.

| nº | Descrição de atividades | tempo corrido | tempo atividade |
|----|---|---------------|-----------------|
| 1 | Mecânico prepara o carrinho de peças | 0:00 | 0:00 |
| 2 | Mecânico chega ao local da máquina | 0:00 | 0:00 |
| 3 | Máquina pára | 0:00 | 0:00 |
| 4 | Limpeza das peças novas | 5:00 | 5:00 |
| 5 | Retira a lamina 100 | 5:18 | 0:18 |
| 6 | Coloca a lamina 150 | 5:32 | 0:14 |
| 7 | Retira a guia do cartucho (maior) 100 | 6:00 | 0:28 |
| 8 | Coloca a guia do carucho (maior) 150 | 6:20 | 0:20 |
| 9 | Retira a guia do cartucho (menor) 100 | 7:00 | 0:40 |
| 10 | Coloca a guia do carucho (menor) 150 | 7:35 | 0:35 |
| 11 | Tira carro 100 | 8:10 | 0:35 |
| 12 | Coloca carro 150 | 8:48 | 0:38 |
| 13 | Tira bica 100 | 9:15 | 0:27 |
| 14 | Coloca bica 150 | 9:57 | 0:42 |
| 15 | Alinha a bica com o carro | 10:30 | 0:33 |
| 16 | Tira o extractor | 11:26 | 0:56 |
| 17 | Coloca extractor | 12:52 | 1:26 |
| 18 | Tira introdutor 100 | 13:52 | 1:00 |
| 19 | Coloca introdutor 150 | 15:11 | 1:19 |
| 20 | Retira aparador elevador 100 | 15:57 | 0:46 |
| 21 | Desliga o sistema de ar para a garantir a segurança | 16:38 | 0:41 |
| 22 | Coloca aparador elevador 150 | 17:20 | 0:42 |
| 23 | Tira a placa com o sensor de presença do berço | 17:39 | 0:19 |
| 24 | Ajuste do carro com o introdutor e o berço | 18:15 | 0:36 |
| 25 | Ajusta a posição do sensor da posição do carro | 19:16 | 1:01 |
| 26 | Ajuste da altura do carro | 20:00 | 0:44 |
| 27 | Liga o sistema de ar comprimido | 20:21 | 0:21 |
| 28 | Ajuste extractor | 20:43 | 0:22 |
| 29 | Tira espessador 100 | 21:50 | 1:07 |

| | | | |
|----|--|--------|--------|
| 30 | Coloca espessador 150 | 23:06 | 1:16 |
| 31 | Tira dobrador de orelha 100 | 23:50 | 0:44 |
| 32 | Coloca dobrador de orelha 150 | 25m04s | 1:14 |
| 33 | Coloca a placa com o sensor de presença de berço | 25m50s | 0:46 |
| 34 | Ajuste finais durante o encartuchamento | 70m36s | 44m46s |

Para a execução da tabela 1 foi necessário que o estagiário e o programador de produção se comunicassem para que o programador divulgue os dias de *setup* da máquina e o estagiário colocasse em sua agenda os dias disponíveis para a gravação do vídeo de *setup* de máquina, uma vez que este estagiário tinha apenas 3 dias disponíveis na companhia.

Vale mencionar que para fazer a filmagem do mecânico e o operador realizando o *setup* foi aceita sem causar nenhum constrangimento para ambos, pois estavam motivados para atingir o objetivo do projeto.

Outro ponto importante para a realização da filmagem foi a autorização da gerência da companhia, pois colocaria em exposição as pessoas e a máquina em uma gravação. Primeiramente, foi marcado um horário de apresentação do projeto e novamente foi necessário mostrar as necessidades da gravação e apresentar os benefícios que a técnica iria trazer.

3.2. Estágio 1 – Separando *setup* interno e externo

Esta fase corresponde à organização das atividades, classificando-as e separando-as como *setup* interno, aquelas realizadas com a máquina parada e *setup* externo como sendo atividades realizadas com a máquina em funcionamento.

De posse de todas as atividades, concluiu-se junto ao engenheiro e o facilitador o estágio preliminar de mapeamento das atividades, dessa forma, iniciou-se o estágio 1, diferenciando *setup* interno de *setup* externo, expondo os dados na Tabela 2.

Tabela 2: Diferenciação das atividades internas e externas

| nº | Descrição de atividades | Interno | Externo |
|----|--------------------------------------|---------|---------|
| 1 | Mecânico prepara o carrinho de peças | | 0:00 |
| 2 | Mecânico chega ao local da máquina | | 0:00 |

| | | | |
|----|---|--------|------|
| 3 | Máquina pára | | 0:00 |
| 4 | Limpeza das peças 150 | | 5:00 |
| 5 | Retira a lamina 100 | 0:18 | |
| 6 | Coloca a lamina 150 | 0:14 | |
| 7 | Retira a guia do cartucho (maior) 100 | 0:28 | |
| 8 | Coloca a guia do carucho (maior) 150 | 0:20 | |
| 9 | Retira a guia do cartucho (menor) 100 | 0:40 | |
| 10 | Coloca a guia do carucho (menor) 150 | 0:35 | |
| 11 | Tira carro 100 | 0:35 | |
| 12 | Coloca carro 150 | 0:38 | |
| 13 | Tira bica 100 | 0:27 | |
| 14 | Coloca bica 150 | 0:42 | |
| 15 | Alinha a bica com o carro | 0:33 | |
| 16 | Tira o extractor | 0:56 | |
| 17 | Coloca extractor | 1:26 | |
| 18 | Tira introdutor 100 | 1:00 | |
| 19 | Coloca introdutor 150 | 1:19 | |
| 20 | Retira aparador elevador 100 | 0:46 | |
| 21 | Desliga o sistema de ar para a garantir a segurança | 0:41 | |
| 22 | Coloca aparador elevador 150 | 0:42 | |
| 23 | Tira a placa com o sensor de presença do berço | 0:19 | |
| 24 | Ajuste do carro com o introdutor e o berço | 0:36 | |
| 25 | Ajusta a posição do sensor da posição do carro | 1:01 | |
| 26 | Ajuste da altura do carro | 0:44 | |
| 27 | Liga o sistema de ar comprimido | 0:21 | |
| 28 | Ajuste extractor | 0:22 | |
| 29 | Tira espessador 100 | 1:07 | |
| 30 | Coloca espessador 150 | 1:16 | |
| 31 | Tira dobrador de orelha 100 | 0:44 | |
| 32 | Coloca dobrador de orelha 150 | 1:14 | |
| 33 | Coloca a placa com o sensor de presença de berço | 0:46 | |
| 34 | Ajuste finais durante o encartuchamento | 44m46s | |

Da Tabela 2 acima se pode perceber que a maior parte das atividades ainda se encontram no *setup* interno e apenas a atividade 4 como oportunidade de melhoria.

3.3. Estágio 2 – Convertendo setup interno em externo

O estágio 2 consiste em transferir as atividades internas em atividades externas. Com essa oportunidade de melhoria pode-se reduzir o tempo de máquina parada.

Pode se perceber na tabela 2 que existe apenas uma oportunidade de melhoria no setup classificado como externo, que é a atividade 4 (limpeza das peças 150). Esta atividade foi muito simples de se melhorar, bastando o técnico mecânico limpar as peças de substituição antes de parar a máquina.

3.4. Estágio 3 – Racionalização os aspectos da operação do setup

Os ajustes consomem de 50% a 70% do tempo de *setup* interno (Mondem, 1983). O ajuste é uma operação desnecessária; sua eliminação pode reduzir o período de *run-up*, possibilitando um processo estável logo após a operação de *setup*. Durante o *run-up*, o processo sofre uma série de pequenos ajustes até sua estabilização.

Neste estágio existe uma grande oportunidade de melhoria a se fazer na atividade 34 (Ajustes finais durante o encartuchamento), tomando aproximadamente 44 minutos para execução desta tarefa.

Foi adicionada a máquina, diversos dispositivos que reduzem o tempo de troca de ferramentas, sendo eles:

- Substituição de parafusos do tipo “allen” por parafusos tipo “borboleta”, como mostra a Figura 3;



Figura 3: Substituição do parafuso allen por parafuso borboleta.

- Substituição de peças que não são mais necessárias às trocas durante o setup;
- Gabaritos fixos foram adicionados nas peças, como mostrado na Figura 4;



Figura 4: Gabarito fixo.

As melhorias executadas só foram possíveis de serem realizadas com muita persistência, cobrança e dedicação ao trabalho, pois foi cobrado diversas vezes do operador que se fizesse marcas com caneta nas peças assim que terminasse os ajustes e o primeiro produto de boa qualidade fossem liberadas para o mercado, a fim de obter as posições exatas para se confeccionar as peças com gabaritos fixos.

Após a equipe ter certeza que as marcações estavam corretas foi possível encomendar as peças com os gabaritos com o torneiro mecânico mediante a aprovação e validação da gerência. Nesta etapa também foi preciso muita cobrança para com o torneiro, pois devido a sua alta demanda de encomendas, este estava atrasando a execução do projeto. Então, com negociações o torneiro produziu as peças um pouco acima do tempo esperado, mas não prejudicou o tempo proposto para o projeto.

Neste estágio, é imprescindível que os operadores e mecânicos estejam engajados e acreditando no projeto, devido ao fato que as principais ideias de melhoria sejam deles.

Outro obstáculo que foi superado foi a validação do time de qualidade, pois para que se possa fazer alterações nas peças da máquina da companhia, é necessário abrir um chamado de Controle de Mudança, um procedimento necessário validado pelo time de qualidade para se alterar alguma atividade padrão ou equipamento, sem esta aprovação a máquina não está autorizada a funcionar com as alterações feitas. Logo, o time de qualidade junto com o time de segurança e saúde, fiscalizou e validou as novas peças da máquina e assim foi possível dar andamento ao projeto.

3.5. Resultados obtidos

A Figura 5 apresenta o OEE da máquina de encartuchamento até o mês de setembro, pode se perceber que a média do ano aumentou para 75,6%, referente ao acumulado até abril que era de 73,4%.

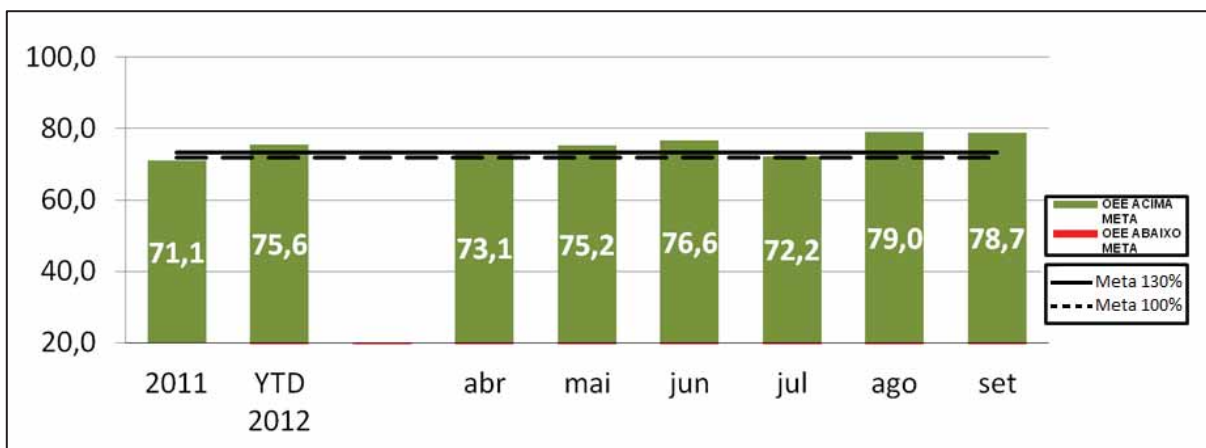


Figura 5: OEE acumulado até setembro.

Observação importante da figura 3 comparado com a figura 2 percebe-se que todas as barras se encontram na cor verde, inclusive o mês de abril, isso se deve ao fato de que a fábrica passou a adotar como meta 100% de produção e não 130% como mencionado anteriormente. Tudo isso se deve apenas a padronização, eliminação de desperdícios de tempo que ocorriam durante a realização do setup, afirmando assim o método do STP. As possíveis melhorias sugeridas pelo plano de ação ainda estão sendo executadas e até o presente momento do projeto as atividades foram concluídas após 16 semanas da implantação do método SMED.

A Figura 6 mostra a evolução do tempo de troca de ferramenta da máquina de encartuchamento, durante a aplicação da técnica SMED.

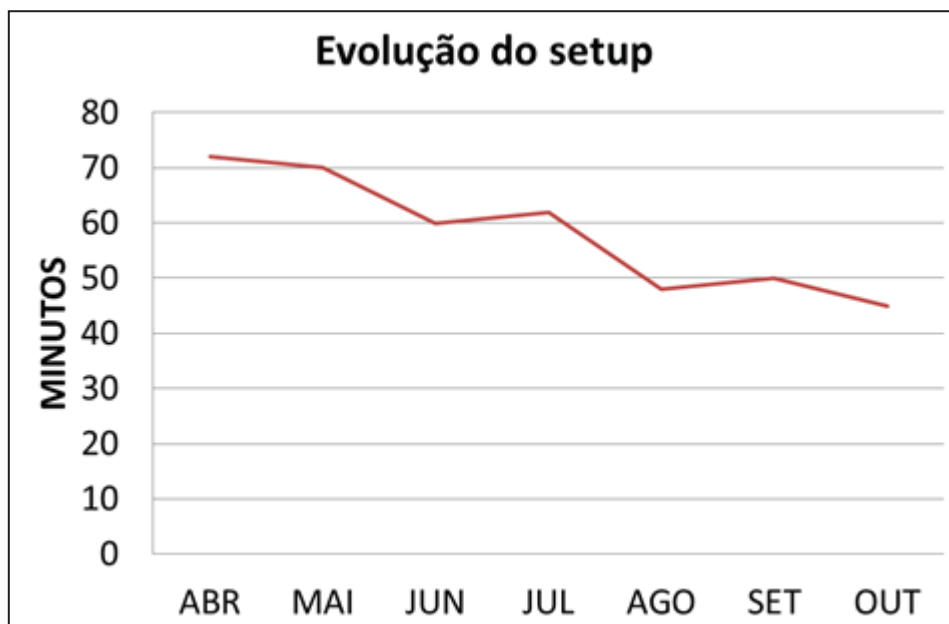


Figura 6: Evolução do setup

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Algumas dificuldades foram encontradas durante o desenvolvimento do trabalho, como o convencimento da técnica SMED para os mecânicos, pois mexe com o raciocínio lógico desenvolvido pelos mesmos ao longo de muitos anos de experiência de trabalho, foi preciso mostrar que a oportunidade de melhoria seria para ambas as partes, para a empresa e para os colaboradores. Uma das estratégias adotadas para a conscientização foi o treinamento sobre SMED, para mostrar a importância e os impactos que a técnica pode trazer. Outra dificuldade encontrada foi o cumprimento dos fornecedores de peças em obedecer às metas do projeto. Um último desafio encontrado foi passar a liderança do projeto para outra pessoa, pois este não estava engajado no projeto, então foi necessário apresentar desde o início do projeto até os resultados obtidos no momento, apresentar o novo líder para a equipe e indicar os próximos passos, e claro, motivá-lo para executar o projeto.

Considerando o objetivo do trabalho de analisar a implementação da técnica SMED para redução o tempo de *setup* da máquina de encartuchamento, a técnica utilizada foi bem sucedida e ainda está em processo de execução. No período de execução do projeto o tempo de *setup* foi reduzido de 70 minutos para 48 minutos, e conseqüentemente aumentou a disponibilidade e eficiência da máquina e assim aumentou o OEE da máquina de 73,1% para 75.6%.

O trabalho de redução de tempo de troca de ferramenta ainda está em processo de desenvolvimento e a mentalidade kaizen está bem fixa nos colaboradores do projeto. Os próximos passos do projeto são:

- Instalar fixadores estratégicos;
- Treinar o operador de máquina para realizar atividades em paralelo com o mecânico;
- Validar o procedimento operacional padrão de troca de ferramenta;
- Implementar a técnica SMED em outras máquinas da fábrica;
- Oferecer treinamento para todos os funcionários da fábrica;

4.1. Sugestões para futuros trabalhos

O trabalho aplicado pode ser aplicado de diversas maneiras, em outras máquinas e pode ser atacado por outras perspectivas. Por exemplo, utilizar a metodologia DMAIC para auxiliar na continuação da execução do projeto e assim, executar o mesmo com mais agilidade e eficiência.

REFERÊNCIAS

- MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J.B.; XAVIER, A.F.; CAMPOS, D.F., **Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. Produção**, v. 22, n. 1, p. 1-13, 2012.
- THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2007.
- MARQUES, C. L.; ENARI, E. H., **Aplicabilidade dos conceitos do single minute exchange of die (SMED) em um laboratório de teste de interferência eletromagnética: Estudo de caso da câmara blindada anecóica – CBA**, 2011.
- SUGAI, Miguel; MCINTISH, Richard I.; NOSVASKI, Olávio, **METODOLOGIA DE SHIGEO SHINGO (SMED): ANÁLISE CRÍTICA E ESTUDO DE CASO**, 2007.
- RELKAR, A. S.; NANDURKAR, K. N., **Optimizing & Analysing Overall Equipment Effectiveness (OEE) Through Design of Experiment (DOE)**, 2012.
- FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. M., **Troca Rápida de Ferramentas: Proposta Metodológica e Estudo de Caso**, 2003;
- MUNIZ, J. J., **Modelo Conceitual de gestão de produção baseado na gestão do conhecimento: Um estudo no ambiente operário da indústria automotiva**, 2007.
- NAZARENO, R. R., **Desenvolvimento e aplicação de um método para implementação de sistemas de produção enxuta**, 2003.