

APLICAÇÃO DO SMED EM UMA LINHA DE EMBALAGEM DE MEDICAMENTOS SÓLIDOS DE UMA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA DE PERNAMBUCO

APPLICATION OF SMED IN A SOLID PACKAGING LINE OF A PHARMACEUTICAL INDUSTRY IN PERNAMBUCO

Yasmim Liandra da Silva Nascimento¹
Karla Carolina Alves da Silva²

RESUMO

Atualmente, todas as indústrias estão sujeitas à concorrência empresarial, especialmente a indústria farmacêutica, que procura competir com preços baixos, tornando necessário a redução dos seus custos. A metodologia SMED, é uma grande aliada na busca da melhoria contínua dos processos e métodos, seu principal objetivo é reduzir os tempos de troca de ferramentais. Neste estudo, que tem como objetivo analisar o desempenho da aplicação do SMED, o método foi aplicado através da execução dos quatro estágios (Inicial, Separando SETUP interno e externo, Convertendo SETUP interno em externo e Melhoria sistemática) propostos por Shingo, o criador do método. A aplicação se comprovou eficaz para conquista dos objetivos e como resultados foram obtidos a redução do tempo de SETUP, o aumento de disponibilidade e da capacidade produtiva da linha de embalagem.

Palavras-chave: SMED; troca de ferramentas; indústria farmacêutica.

ABSTRACT

Currently, all companies may be subject to business competition, especially the pharmaceutical industry, which is looking for the lowest prices to be competitive, therefore, it's necessary to reduce the costs. The SMED methodology is a great ally in the seek for continuous improvement of processes and methods. Its main objective is to reduce tool exchanging time. In this study, which aims to analyze the performance of the SMED application, the method was applied through the execution of the four stages (initial, separation of internal and external SETUP, conversion of internal SETUP to external and systematic improvement) proposed by Shingo, the creator of the method. The application proved to be effective in achieving the objectives and as a result, the reduction of the SETUP time, the increase in availability and productive capacity of the packaging line were obtained.

Keywords: SMED; tool exchanging time; pharmaceutical industry.

INTRODUÇÃO

O mercado farmacêutico encontra-se a cada dia mais competitivo e exigente diante da sua necessidade e interesse em cumprir e seguir diversos parâmetros de

qualidade, segurança e boas práticas de fabricação a fim de garantir que seu produto seja seguro. Esses fatores impulsionam as empresas a buscarem por novas ferramentas de trabalho para que possam evidenciar-se aos olhos dos clientes e trazer mais qualidade ao seu produto. (MELO, 2019) Isso, na maioria das vezes, gera bastante custo para a indústria farmacêutica, ficando

¹ Bacharelanda em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco – Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho, 2022.

² Doutora em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Pernambuco.

evidente que esse setor possui a necessidade de otimizar seus processos produtivos, reduzir desperdícios como falhas de equipamentos, perdas com reprocesso, falhas na segurança e reduzir o tempo de SETUP.

A redução do tempo de troca de ferramentais torna-se um forte aliado para indústrias que buscam aumentar sua capacidade produtiva, diante da indispensável preocupação das empresas para que tenham condições de manter-se em posição competitiva no mercado e para que essa capacidade seja aumentada é necessária a otimização dos processos através da identificação e eliminação de gargalos que limitam a produção nos sistemas produtivos. (CARNEIRO, 2019)

A competitividade de uma indústria farmacêutica está findada em seu poder de produção com variedade. Existem diversos tipos de medicamentos no mercado atualmente, e se todas as indústrias farmacêuticas tivessem linhas de produção dedicadas a cada um desses tipos, a sua sobrevivência no ramo não seria viável.

Assim, nas linhas de produção dessas indústrias são produzidos diversos medicamentos e para que isso seja possível, é necessário que ocorram as trocas de ferramentais. Porém, com a adição dessa etapa ao fluxo do processo, surge também o custo financeiro e temporal, relacionado a disponibilidade do equipamento e a produtividade.

E assim, a metodologia SMED (Single Minute Exchange of Die) ou TRF (Troca Rápida de Ferramentas) surge como uma grande aliada com o objetivo de otimizar e reduzir o tempo de troca desse ferramental, possibilitando maior variedade para o processo e reduzindo uma das maiores perdas do setor farmacêutico. O Engenheiro Industrial, Shigeo Shingo, foi o inventor do SMED e obteve muito sucesso ajudando empresas japonesas a reduzir drasticamente seus tempos de troca de ferramentais. (SHINGO, 2000)

A partir do problema do alto tempo de TRF e da necessidade de variedade

produtiva na indústria farmacêutica, o objetivo desse trabalho é analisar o desempenho da aplicação do SMED com o auxílio da padronização e otimização das atividades de SETUP interno e externo da linha de embalagem de sólidos de uma indústria farmacêutica. O SETUP interno foi definido como as atividades que podem ser realizadas apenas quando a máquina está parada e o SETUP externo como atividades que podem ser executadas com a máquina trabalhando. (SHINGO, 2000)

Este objetivo será alcançado através do levantamento dos dados das atividades realizadas durante o SETUP, da aplicação do SMED e da avaliação dos tempos de SETUP antes e após a aplicação do SMED.

Espera-se alcançar a redução do tempo de SETUP após aplicação da ferramenta SMED, trazendo mais agilidade nas trocas de ferramentais e assim aumentando a possibilidade de variedade de produção, além dos ganhos de disponibilidade do equipamento da linha escolhida.

METODOLOGIA

A aplicação do método SMED foi realizada em uma indústria farmacêutica localizada em Pernambuco, na linha de embalagem primária que possui foco em medicamentos sólidos. A linha é constituída de equipamentos de alta performance, onde são produzidos variados produtos que chegam a representar 40% do volume mensal de produção dessa fábrica, o equipamento escolhido para o estudo foi a Termoformadora. Após analisar o tempo de SETUP dos subconjuntos dessa linha, a Termoformadora foi identificada como o maior gargalo, por apresentar maior tempo de troca de ferramental.

A área primária, é definida por ser onde o operador tem contado direto com o granel, ou seja, o medicamento ainda não possui embalagem, logo, toda a limpeza e equipamentos de proteção são bem

definidos, controlados e seguem normas de segurança e saúde.

Após a chegada do granel na área primária, o equipamento é abastecido pelo operador, nesta etapa o produto é inserido em um funil, onde a gravidade é utilizada a favor do processo, auxiliando na descida do produto.

O processo de embalagem na sua fase primária e suas etapas podem ser vistos na Figura 1:

Figura 1: Fluxograma do processo de embalagem primária.



Fonte: A autora (2022).

Cada etapa desse processo acontece da seguinte forma:

- Formação dos alvéolos: é onde ocorre a formação dos “furos”, local que os comprimidos são alocados no processo de embalagem;
- Inserção do granel nos alvéolos: nesta etapa os comprimidos são inseridos nos alvéolos, eles descem pelo funil com a ajuda da gravidade e passam por uma peneira vibratória até que caem em cima do filme e

com o auxílio de uma escova rotativa cada alvéolo é preenchido;

- Sistema de visão: é uma etapa bastante importante para o processo, esse sistema é responsável por verificar e garantir que todos os alvéolos foram preenchidos, caso o sistema perceba um ou mais alvéolos vazios o equipamento para automaticamente, expulsa o blister defeituoso e alarma para que o operador faça os devidos ajustes e assim o erro deixe de ocorrer;
- Selagem, codificação e corte: outra etapa muito importante no processo e no pós-venda, a selagem é realizada através da termoformação (consistem essencialmente no aquecimento de uma folha de material termoplástico que, quando flexível é forçado contra os contornos de um molde) e assim o blister é finalmente selado, o processo seguinte é a codificação que é onde o lote do produto é marcado em cada blister e para finalizar é realizado o corte desses blisters;

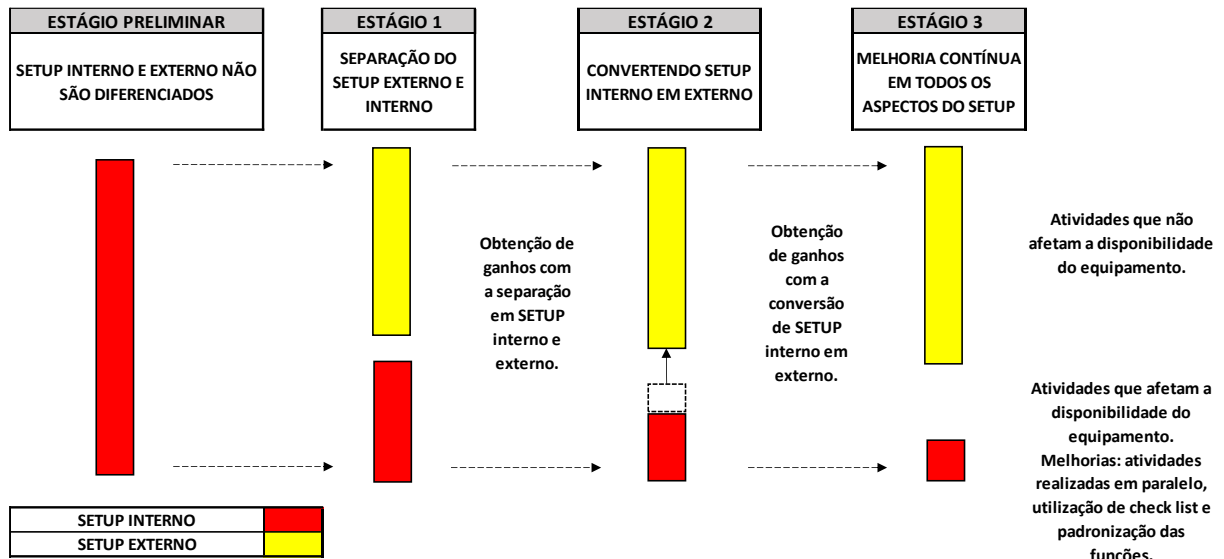
Para a aplicação da metodologia SMED foram utilizadas as técnicas de estágios listadas por Shingo (2020), que podem ser vistas na Figura 2.

Estágio inicial - Condições de SETUP interno e externo

No estágio preliminar as condições de SETUP, ainda não são classificadas como interno e externo, existe apenas a troca de ferramenta geral.

Segundo Shingo (2020), para obter os tempos das atividades, é possível fazer a utilização do cronômetro, estudo do método, entrevista com operadores ou análise através de filmagens da operação. Além disso, fazer reuniões para observações e discussões com os trabalhadores geralmente são importantes e

Figura 2: Estágios de aplicação do SMED.



Fonte: SHINGO, 2000. (Adaptada)

suficientes nesta etapa. Neste trabalho, a coleta de dados foi realizada referente ao tempo médio de SETUP na linha antes da aplicação do SMED, esse levantamento foi realizado no período de tempo de 3 meses antes da implementação do método, os dados foram obtidos pelo histórico das informações dos apontamentos do início e término de todas as trocas que ocorreram nessa linha, também foram coletados dados referentes a disponibilidade mensal do equipamento.

A pesquisa de campo foi realizada através do acompanhamento e observação da execução do SETUP que foi efetuado pelos operadores da linha, todas as etapas da troca de ferramentais foram descritas e cronometradas pela autora.

Estágio 1 - Separando SETUP interno e externo

Esta fase corresponde à organização das atividades, classificando-as e separando-as como SETUP interno ou externo. Shingo (2020), afirmou que se um esforço científico for realizado, é possível obter o máximo número das atividades da operação de SETUP, como SETUP externo.

O presente estágio, considerado por muitos a etapa mais importante, pode

reduzir de 30% a 50% o tempo de máquina parada. (SHINGO, 2000; FAGUNDES & FOGLIATTO; SATOLO & CALARGE;

2008). Para garantir um SETUP externo eficiente algumas técnicas podem ser utilizadas: utilização de checklist dos componentes e passos necessários, mesa de verificação para componentes e ferramentas utilizadas, verificação das condições de funcionamento e melhoria no transporte de matrizes e outros componentes (SHINGO, 2000; SUGAI et al, 2007).

Logo, a separação entre SETUP interno e externo é o passaporte para atingir as rápidas trocas de ferramentas.

Após a pesquisa de campo, com a lista de todas as atividades que são realizadas durante o SETUP em posse, foi realizada a classificação de quais atividades faziam parte da troca de ferramental interna (que só podem ser realizadas com a linha parada) e externa (que podem ocorrer com a linhas em operação).

Estágio 2 - Convertendo SETUP interno em externo

Este estágio possui a proposta de converter SETUP interno em externo, assim, operações devem ser reexaminadas

para assegurar que não há SETUP externo dado como interno e após este passo, meios para converter SETUPS internos em externos devem ser encontrados. Essa conversão é facilitada analisando-se a real função de cada atividade. Novas perspectivas para processos tradicionais devem ser adotadas. Importante salientar que nesta etapa não há redução de tempo na execução da operação, o que é reduzido é o tempo total de SETUP (SHINGO, 2000; SATOLO & CALARGE, 2008).

No estágio anterior foram identificadas quais atividades faziam parte da troca interna e externa. No estágio atual foram convertidas o máximo de atividades de SETUP interno em externo, permitindo assim que a linha pudesse voltar a operar mais rápido, essa conversão foi possível após análise detalhada de cada atividade para entender como cada uma delas impactam no processo e se seria possível a sua realização com a máquina em operação.

Estágio 3 - Melhoria sistemática de cada atividade

Shingo (2020) sabia que a busca do single-minute (dígito único) poderia não ser alcançada nos estágios anteriores, sendo necessária a melhoria contínua de cada elemento, tanto do SETUP interno como externo. Então propôs um último estágio focado em melhoria contínua dessas operações.

A padronização das atividades da TRF, deu início ao último estágio do SMED, foi realizada a análise ECRS (Eliminar, Combinar, Reorganizar e Simplificar) com o objetivo de encontrar e propor ideias para que as atividades que são realizadas durante o SETUP pudessem ser feitas de uma forma mais rápida e simples, otimizando a duração do SETUP. Após a análise, as atividades foram padronizadas, de forma que após o treinamento os operadores puderam realizar o SETUP de forma sistemática e ágil.

Em sequência, com a assistência ao novo modelo de SETUP na linha, nesta etapa, um pequeno grupo de operadores foram treinados para executar o novo padrão de SETUP e a partir disso deu-se início o acompanhamento do novo modelo de SETUP com o objetivo de apoiar o operador nesse novo padrão de atividades e verificando se as melhorias (padrão de montagem e desmontagem do ferramental, atividades em paralelo e acréscimo de pessoas na realização das trocas) fizeram efeito, se alguma atividade deveria ser revisada ou se novas melhorias poderiam ser implementadas.

O treinamento do novo modelo de SETUP para todos os operadores da linha, foi a sétima etapa, os operadores foram treinados nas novas práticas e formas de realizar as atividades do SETUP, cada operador tornou-se especialista de determinadas atividades internas e externas, a fim de trazer mais agilidade ao aprendizado durante o treinamento e para que o SETUP durante sua rotina fosse realizado mais rápido.

A última etapa realizada foi a análise de dados após a aplicação do SMED, com os dados de tempo médio dos SETUPS e da disponibilidade do equipamento obtidos, foi possível iniciar a comparação dos dados obtidos antes do SMED e depois da aplicação, para verificar se o objetivo da redução de tempo de SETUP foi alcançado e em decorrência disso, se a disponibilidade da máquina aumentou.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados serão apresentados de acordo com os estágios da aplicação do SMED.

Estágio inicial - Condições de SETUP interno e externo: Na pesquisa de campo as atividades realizadas durante o SETUP foram coletadas e cronometradas a partir da observação da sua execução, foram acompanhados 3 SETUPS, 1 por turno. A

descrição das atividades da troca de ferramentais foi obtida e pode ser visualizada no Quadro 1, os respectivos tempos de realização de cada tarefa é visto na Tabela 1.

Quadro 1: Atividades realizadas durante o SETUP.

Nº	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES
1	OPERADOR COMEÇA O SETUP CONCLUINDO O PREENCHIMENTO DA DOCUMENTAÇÃO DO LOTE/PRODUTO ANTERIOR
2	OPERADOR SE DESLOCA DA ÁREA PRIMÁRIA ATÉ A ÁREA SECUNDÁRIA
3	OPERADOR VERIFICA COM O OPERADOR DA ÁREA SECUNDÁRIA SE A DOCUMENTAÇÃO DO PRÓXIMO LOTE/PRODUTO ESTÁ DISPONÍVEL
4	OPERADOR SE DESLOCA DA ÁREA PRIMÁRIA ATÉ O STAGE DE MATERIAIS
5	OPERADOR VERIFICA SE OS MATERIAIS DO PRÓXIMO LOTE/PRODUTO ESTÃO DISPONÍVEIS
6	OPERADOR SE DESLOCA DO STAGE DE MATERIAIS ATÉ A SALA DE FERRAMENTAIS
7	OPERADOR VERIFICA SE O FERRAMENTAL DO PRÓXIMO LOTE/PRODUTO ESTÁ DISPONÍVEL
8	OPERADOR SE DESLOCA DA SALA DE FERRAMENTAIS ATÉ A ÁREA PRIMÁRIA
9	OPERADOR PESA E ORGANIZA MATERIAL DO LOTE/PRODUTO ANTERIOR NO PALETE
10	OPERADOR SE DESLOCA DA ÁREA PRIMÁRIA ATÉ A ECLUSA DE MATERIAIS
11	OPERADOR RETIRA TODO O MATERIAL DO LOTE/PRODUTO ANTERIOR
12	OPERADOR SE DESLOCA DA ECLUSA DE MATERIAIS ATÉ A SALA DE FERRAMENTAIS
13	OPERADOR BUSCA O CARRO PARA RECOLHER OS FERRAMENTAIS DO LOTE/PRODUTO ANTERIOR
14	OPERADOR SE DESLOCA DA SALA DE FERRAMENTAIS ATÉ A ÁREA PRIMÁRIA
15	OPERADOR REALIZA DESMONTAGEM DOS FERRAMENTAIS E OS COLOCA NO CARRO DESIGNADO
16	OPERADOR SE DESLOCA DA ÁREA PRIMÁRIA ATÉ A SALA DE LAVAGEM DE FERRAMENTAIS
17	OPERADOR DEIXA O CARRINHO COM FERRAMENTAIS PARA LAVAGEM
18	OPERADOR SE DESLOCA DA SALA DE LAVAGEM DE FERRAMENTAIS ATÉ A ÁREA PRIMÁRIA
19	OPERADOR REALIZA A LIMPEZA COMPLETA DO EQUIPAMENTO
20	OPERADOR SE DESLOCA DA ÁREA PRIMÁRIA ATÉ SALA DA EQUIPE DA LIMPEZA
21	OPERADOR SOLICITA E LIBERA A LIMPEZA GERAL DA LINHA DA ÁREA PRIMÁRIA
22	OPERADOR SE DESLOCA DA SALA DA EQUIPE DA LIMPEZA ATÉ A ÁREA PRIMÁRIA
23	EQUIPE DA LIMPEZA REALIZA LIMPEZA GERAL DA SALA
24	OPERADOR VERIFICA E ATRIBUI OS PARÂMETROS DO PRÓXIMO LOTE/PRODUTO
25	OPERADOR REALIZA MONTAGEM DOS FERRAMENTAIS
26	OPERADOR REALIZA CHECK LIST DE AJUSTE MECÂNICO
27	OPERADOR SE DESLOCA DA ÁREA PRIMÁRIA ATÉ O STAGE DE MATERIAIS
28	OPERADOR COLOCA OS MATERIAIS DO PRÓXIMO LOTE/PRODUTO NO PALETE
29	OPERADOR SE DESLOCA DO STAGE DE MATERIAIS ATÉ ÁREA PRIMÁRIA
30	OPERADOR LEVA OS INSUMOS PARA LINHA DE EMBALAGEM
31	OPERADOR ABASTECE A MÁQUINA COM INSUMOS (FILME DE PVC E/OU FILME DE ALUMÍNIO E GRANEL)
32	OPERADOR INICIA O PREENCHIMENTO DA DOCUMENTAÇÃO DO PRÓXIMO LOTE/PRODUTO
33	OPERADOR LIGA O EQUIPAMENTO, FAZ OS ÚLTIMOS AJUSTES E ENCERRA O SETUP

Fonte: A autora (2022).

Tabela 1: Tempo das atividades do SETUP antes da aplicação do SMED.

Nº	TEMPO DAS ATIVIDADES (min)
1	15
2	2
3	5
4	5
5	8
6	5
7	30
8	5
9	10
10	3
11	15
12	8
13	5
14	8
15	50
16	7
17	4
18	7
19	10
20	6
21	5
22	6
23	20
24	10
25	65
26	20
27	2
28	4
29	2
30	5
31	10
32	10
33	15
TEMPO TOTAL (min)	382
TEMPO TOTAL (h)	6,4

Fonte: A autora (2022).

Estágio 1 - Separando SETUP interno e externo: Após o acompanhamento e

observação do SETUP realizado pelos operadores da linha, foi identificado que todas as atividades aconteciam com a máquina parada, ou seja, o SETUP total era completamente considerado como interno. Nesta etapa foi realizado um estudo para buscar entender quais dessas atividades eram possíveis de serem realizadas com a máquina operando, após algumas análises junto com a operação e gestão da área, foi possível identificar quais dessas atividades faziam parte do SETUP externo. As demais atividades restantes fazem parte do SETUP interno, que são as tarefas que realmente afetam a disponibilidade do equipamento. Nas Tabela 2 e Tabela 3 é visto o resultado dessa divisão.

Tabela 2: Atividades do SETUP interno.

SETUP - EXTERNO	
Nº DA ATIVIDADE	TEMPO (min)
1	15
2	2
3	5
4	5
5	8
6	5
7	30
8	5
12	8
13	5
14	8
TEMPO TOTAL (min)	96
TEMPO TOTAL (h)	1,6

Fonte: A autora (2022).

Na Tabela 2 é possível observar que dos 382 minutos de SETUP total, 11 atividades (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12, 13 e 14) que juntas somam 96 minutos foram identificados como SETUP externo, isto significa que todas essas atividades podem ser realizadas quando o equipamento ainda

está em funcionamento, o que nos traz os primeiros ganhos que representam 25,1% de redução do tempo de troca de ferramentais.

Ao observar as atividades classificadas como externas é possível notar que 34,4% que representam 33 minutos são atividades de deslocamento, são elas as atividades 2, 4, 6, 8, 12 e 14. Segundo Koskela, 1992 as atividades de transporte, espera e inspeção, não agregam valor ao produto final. O gerenciamento dessas é um passo importante na otimização dos processos produtivos.

Tabela 3: Atividades do SETUP externo.

SETUP - INTERNO	
Nº DA ATIVIDADE	TEMPO (min)
9	10
10	3
11	15
15	50
16	7
17	4
18	7
19	10
20	6
21	5
22	6
23	20
24	10
25	65
26	20
27	2
28	4
29	2
30	5
31	10
32	10
33	15
TEMPO TOTAL (min)	286
TEMPO TOTAL (h)	4,8

Fonte: A autora (2022).

Na Tabela 3 é possível notar que dos 382 minutos do SETUP total, 286 minutos

que representam as 22 atividades restantes, foram classificados como SETUP interno.

Estágio 2 - Convertendo SETUP interno em externo: Depois da separação das atividades internas e externas foram realizadas reuniões com a equipe da operação e gestores da produção, afim de verificar se haviam atividades internas que poderiam ser convertidas para o SETUP externo. Após análise e discussões as atividades convertidas para categoria externa podem ser vistas na Tabela 4:

Tabela 4: Atividades convertidas para SETUP externo.

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES		TEMPO (min)
20	OPERADOR SE DESLOCA DA ÁREA PRIMÁRIA ATÉ SALA DA EQUIPE DA LIMPEZA	6
21	OPERADOR SOLICITA E LIBERA A LIMPEZA GERAL DA LINHA DA ÁREA PRIMÁRIA	5
22	OPERADOR SE DESLOCA DA SALA DA EQUIPE DA LIMPEZA ATÉ A ÁREA PRIMÁRIA	6
32	OPERADOR INICIA O PREENCHIMENTO DA DOCUMENTAÇÃO DO PRÓXIMO LOTE/PRODUTO	10
TEMPO TOTAL (min)		27
TEMPO TOTAL (h)		0,45

Fonte: A autora (2022).

Com a conversão dessas 4 atividades foram obtidos ganhos que podem ser vistos na Tabela 5:

Tabela 5: Tempo de SETUP interno após conversão das atividades.

TEMPO DE SETUP INTERNO	min	h
ANTES	286	4,8
DEPOIS	259	4,3

Fonte: A autora (2022).

A partir das Tabela 4 e Tabela 5 é possível constatar a redução do tempo de SETUP interno de 286 minutos para 259 minutos, significa 9,4% de redução na troca de ferramental. E relacionado ao SETUP total, este estágio nos auxiliou a alcançar a redução total de 32,2% de tempo de troca.

Estágio 3 - Melhoria sistemática de cada atividade: Nesta etapa foi realizada a análise ECRS com o objetivo de encontrar formas mais rápidas e simples de realizar as atividades internas, otimizando a duração do SETUP.

No Quadro 2 é possível ver a análise ECRS:

Quadro 2: Análise ECRS.

Nº DAS ATIVIDADES	ANÁLISE			
	E	C	R	S
9		x		
10		x		
11		x		
15		x	x	x
16		x		
17		x		

18		x		
19		x		
23		x	x	
24		x		
25		x	x	x
26		x		
27		x		
28		x		
29		x		
30		x		
31		x		x
33			x	x

Fonte: A autora (2022).

De acordo com o Quadro 2, das 18 atividades restantes no SETUP interno, nenhuma delas poderia ser eliminada. Porém 17 dessas tarefas foram combinadas (exceto a de número 33), o que significa que as demais poderiam ser realizadas em paralelo, como é visto na Tabela 6. Mas para que isso fosse possível, foi necessário adicionar 1 operador na execução da troca de ferramental e mais 2 pessoas na equipe da limpeza.

Ainda de acordo com a análise ECRS, 4 atividades foram reduzidas (15, 23, 25 e 33) e 4 foram simplificadas (15, 25, 31 e 33).

A ação de número 23 (limpeza geral da sala) foi otimizada com o acréscimo de 2 pessoas na equipe, totalizando 4 funcionários para realizar a limpeza geral de forma mais ágil, com este acréscimo a atividade que antes era realizada em 20

minutos passou a ser realizada em 10 minutos.

As atividades 15 (o operador realiza desmontagem dos ferramentais) e 25 (operador realiza montagem dos ferramentais) eram realizadas sem um padrão ou sequência lógica, o que não afetava na qualidade do produto, mas acabava tornando a troca de ferramentais muito longa. Durante o ECRS foi identificado o alto tempo dessa atividade, e assim, notou-se a possibilidade de melhoria, a empresa que projetou o equipamento foi consultada e após isso, tínhamos a informação de qual a melhor ordem e forma de realizar a desmontagem e montagem do ferramental.

A atribuição de número 31 (abastecimento dos equipamentos com os insumos) foi simplificada repassando apenas uma orientação para o operador, que ele precisa abastecer o equipamento com os insumos, do ponto mais próximo da máquina, para o ponto mais distante, sempre seguindo essa sequência.

Por fim, a atividade de número 33 (ligar o equipamento e realizar os ajustes finais) foi reduzida com sua execução sendo feita por dois operadores em conjunto. Após análise ECRS e as propostas de melhorias, o SETUP interno ficou como pode ser visto na Tabela 6.

Tabela 6: Atividades do SETUP interno após aplicação do SMED.

SETUP - INTERNO			
Nº DAS ATIVIDADES	TEMPO (min)	RESPONSÁVEL	
9	15	30	OP2/OP1
3			
11			
16	19	10	OP2/OP1
17			
18			
21	32	10	E.L./OPS

24	25	35	OP2/OP1
27			
28			
29			
30			
31			
26	10	OP1/OP2	
33	5	OP1/OP2	

OPERADOR 1	OP1
OPERADOR 2	OP2
EQUIPE DE LIMPEZA	E.L.

Fonte: A autora (2022).

Durante a análise ECRS foi visto que as atividades de número 9, 3 e 11, respectivamente, podem ser realizadas em paralelo com a atividade 15, desde que um operador (OP2) realize as 3 primeiras (que são executadas distante do equipamento) e um segundo operador (OP1) realize a última (realizada na máquina).

As atividades 16, 17 e 18 podem ser realizadas pelos OP2 enquanto o OP1 executa em paralelo a atividade 19, com a mesma precisa do último parágrafos, as 3 primeiras operações são realizadas distantes do equipamento, enquanto a última é próxima.

Enquanto a equipe de limpeza realiza a limpeza geral da sala (atividade 21), para que não haja contaminação cruzada entre os medicamentos, ambos os operados começam a preencher os documentos da atividade 32.

As atividades 24, 27, 28, 29, 30 e 31 podem ser realizadas pelo operador 2, enquanto o operador 1 realiza a atividade 25. É importante frisar que o operador 2, foi adicionado apenas para auxiliar no SETUP, enquanto a máquina está produzindo ele permanece na sua linha original. Outro ponto relevante é que enquanto o operador 1, permanece realizando as atividades que precisam de mais conhecimento do

equipamento, o operador adicionado realiza as atividades mais gerais.

As atividades 26 e 33 acontecem sem sequência e são realizadas pelos dois operados, o que reduziu o somatório de tempos dessas atividades de 35 minutos para 15 minutos.

Nesse estágio a maioria das atividades foram combinadas ou simplificadas, e essas ações sucedeu em ótimos resultados, vistos na Tabela 7:

Tabela 7: Tempo de SETUP interno antes e depois do estágio 3.

TEMPO DE SETUP INTERNO	min	h
ANTES	286	4,3
DEPOIS	100	1,7

Fonte: A autora (2022).

Na Tabela 7, é possível ver a redução de 61,4% no tempo de troca com as aplicações das melhorias propostas do estágio 3. Mas também é possível fazer a comparação geral e assim a conclusão é de que foram obtidos 73,8% de redução do tempo de SETUP inicial.

Segundo Santos (1999) é considerado que o SETUP não agrega valor ao processo, pois não há produção durante esse período, concluindo, que o tempo ideal para sua execução é zero. Quanto mais se aproximar de zero, menor será seu custo dado que há transferência direta do tempo reduzido ao SETUP ao tempo de operação do equipamento, resultando em maior produtividade.

Resultado após a aplicação dos SMED

A partir das análises e modificações propostas, os resultados e novo modelo de SETUPS interno e externo foram apresentados para os operadores da linha, além de treiná-los para executar o novo padrão de SETUP.

No primeiro mês foi realizado o acompanhamento do novo modelo de SETUP com o objetivo de apoiar o operador nesse novo padrão de atividades e verificar se as melhorias fizeram efeito, se alguma atividade deveria ser revisada ou se novas melhorias poderiam ser implementadas.

Com a coleta de dados realizada antes do estágio inicial da aplicação da metodologia foi possível obter os tempos médios de SETUP da linha, referente aos 3 meses anteriores a aplicação do SMED e pode ser visto na Tabela 8:

Tabela 8: Tempos médios de SETUP antes da aplicação do SMED.

MESES	OUT	NOV	DEZ
Nº DE SETUPS	52	48	35
TEMPO MÉDIO DE SETUP (h)	7,1	6,9	7,2

Fonte: A autora (2022).

Após a aplicação da ferramenta SMED também foi realizado o levantamento dos 3 meses seguintes e os resultados obtidos de tempo médio de SETUP são vistos na Tabela 9:

Tabela 9: Tempos médios de SETUP após aplicação do SMED.

MESES	JAN	FEV	MAR
Nº DE SETUPS	32	55	58
TEMPO MÉDIO DE SETUP (h)	2,1	1,8	1,7

Fonte: A autora (2022).

Na Tabela 8, é possível ver que no mês de outubro o tempo médio de SETUP de 7,1 horas referentes a 25 trocas de ferramentais, no mês de novembro a média foi de 6,9 horas e 18 trocas e no mês de dezembro com 20 SETUPS a média de troca de 7,2 horas, segundo esses dados é possível concluir que as médias de trocas de ferramentais não possuem grande variação

relacionadas com o número de lotes produzidos.

A quantidade de SETUP varia de acordo com a demanda e programação da produção, nas Figura 3 e Figura 4 é possível notar que em dezembro e janeiro o número de lotes produzidos foram os menores, isso é justificável pelo fato que as indústrias farmacêuticas costumam sair de férias coletivas nesses meses, que reflete e impacta na produção desses meses.

Na Tabela 9, com dados obtidos após o SMED, é possível ver que no mês de janeiro o tempo médio de SETUP de 2,1 horas referentes a 32 trocas de ferramentais, no mês de fevereiro a média foi de 1,8 horas e 55 trocas e no mês de março com 58 SETUPS a média de troca de 1,7 horas.

Quando o maior tempo médio antes de SMED (7,1h) é comparado com o maior tempo médio após a aplicação (2,1h) é verificado que foi obtida a redução de 70,4% do tempo de SETUP. A mesma comparação realizada com os menores tempos médios que foram 6,9h e 1,7h, o resultado obtido é de 75,4%.

Ao observar a média das trocas após as modificações ainda é possível notar variações de 0,3h entre o mês de janeiro e fevereiro e de 0,1h entre fevereiro e março, isso recorrente do processo de aprendizagem dos operadores, ao lidar com uma nova rotina, agora com processos que seguem a sequência lógica e sincronizada. No mês de março o tempo média de SETUP foi de 1,7h, ou seja, o tempo teórico determinado através do SMED se concretizou.

Segundo Campos (1996), os benefícios atrelados a troca rápida de ferramenta são:

- ✓ Aumento da disponibilidade ao obter a redução do tempo de SETUP;
- ✓ Maior flexibilidade na produção de pequenos e variados lotes, reduzindo significativamente o estoque;
- ✓ Rapidez e versatilidade na resposta da produção a possíveis modificações da demanda, adequando-se ao prazo de entrega e exigências requeridas.

Os dados da disponibilidade do equipamento da linha de embalagem também foram obtidos, nos mesmos períodos citados anteriormente e podem ser vistos na Figura 3 e Figura 4.

Segundo Pinto 2009, a otimização das trocas de ferramentais pelo SMED permite aumentar a disponibilidade do equipamento, o que contribui para uma produção diferenciada mais eficaz com prazos de entrega mais reduzidos.

Segundo Nakajima (1988) um dos critérios da perda de eficiência do equipamento é disponibilidade atrelada a falha, quebras da máquina e troca de ferramental.

Nas Figura 3 e Figura 4, o tempo total disponível é o tempo teórico que a máquina estaria disponível para produzir, mas sabemos que para isso é preciso realizar alguns SETUPS.

Então, o tempo disponível real trata-se do tempo teórico de disponibilidade descontando o tempo das trocas de ferramentais. E o tempo de SETUP mensal é o somatório do tempo gasto em todas as trocas.

Todo o tempo gasto com SETUP repercute na disponibilidade do equipamento e conseqüentemente na capacidade produtiva da fábrica.

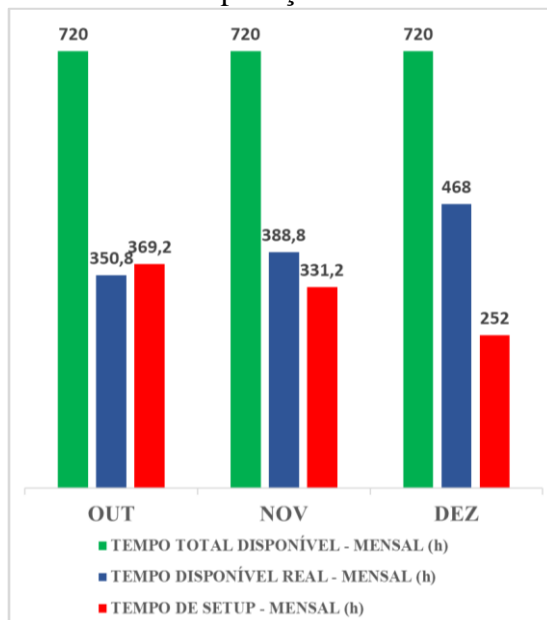
Neste trabalho foi considerado que o tempo total de disponibilidade do equipamento são de 720h mensais, contando com a produção durante 30 dias de 24 horas e com 3 turnos operando.

Na Figura 3, no mês de outubro o tempo real disponível do equipamento é de 350,8 horas e o tempo de trocas foi de 369,2 horas. O primeiro ponto é que a máquina passou mais tempo parada para a realização das trocas que produzindo e sua capacidade produtiva foi reduzida em 51,3%.

Em novembro temos um pouco menos de máquina parada (331,2 horas), mas a capacidade produtiva foi reduzida em 46%.

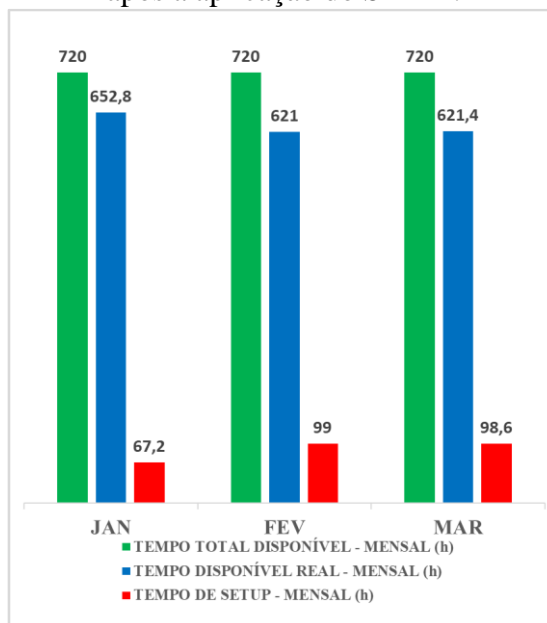
No mês de dezembro, por ter o menor número de lotes produzidos, a perda de capacidade produtiva foi de 35%.

Figura 3: Disponibilidade do equipamento antes da aplicação do SMED.



Fonte: A autora (2022).

Figura 4: Disponibilidade do equipamento após a aplicação do SMED.



Fonte: A autora (2022).

Na Figura 4 é bem notória a redução de tempo gasto em SETUP e conseqüentemente, a disponibilidade real é mais alta.

No mês de janeiro foram 67,2 horas de trocas e 9,3% de perda de capacidade produtiva, em fevereiro 99 horas de SETUP, decorrente ao aumento de número de lotes produzidos e 13,8% de redução de produtividade e em fevereiro, mês que foi possível atingir a meta do tempo de troca de ferramental proposta, foram 98,6 horas de máquina parada e 13,7%.

Segundo Chiarini (2014) a metodologia SMED apresenta duas vantagens principais: o aumento da capacidade produtiva e a flexibilização de equipamentos. Foi comprovada que a perda de produtividade diminuiu e assim os equipamentos possuem mais possibilidade de produzir com variedade, fator decisivo na indústria farmacêutica.

No cotidiano acontecem paradas para realização de manutenções e ajustes operacionais no equipamento, essas também impactam na disponibilidade do mesmo, neste trabalho levamos em consideração apenas o tempo de SETUP para o cálculo da disponibilidade real, pois a TRF é o objeto de estudo.

CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Com o propósito de alcançar a resolução do problema do alto tempo de troca de ferramentais e objetivo do trabalho, a redução do tempo de SETUP, foi utilizado o método SMED dividido em quatro estágios.

Durante o estágio inicial onde foram levantadas todas as atividades realizadas durante a troca de lote foi possível concluir que as informações obtidas no decorrer do acompanhamento na linha de embalagem somado a observações dos operadores foram muito importantes para a aplicação dos estágios 1, 2 e 3 do SMED.

No estágio 1, que possuía o objetivo de separar o SETUP total em externo e interno, com esta distinção as atividades internas se resumiram a 286 minutos e as externas em 96 minutos, resultando na redução de 25,1% de redução do tempo de troca de ferramentais.

Ao longo do estágio 2, quatro atividades internas foram convertidas para internas, sucedendo em mais 9,4% de redução na troca de ferramental, nessa etapa restaram 259 minutos no SETUP interno.

Enquanto no estágio 3, melhorias foram realizadas afim de otimizar o tempo das atividades internas e facilitar as execuções, para que isso fosse possível, foi adicionado um operador a troca de ferramentais e 2 pessoas a equipe de limpeza. Essas manobras resultaram na redução de 159 minutos de SETUP interno o que representa 61,4%.

Portanto, nota-se que a evolução dos estágios foi fundamental no andamento do estudo, pois as melhorias foram acontecendo continuamente, a cada passo dado foram obtidas reduções no tempo de SETUP.

Quando se fala em reduzir tempo de troca de ferramental, conseqüentemente estamos falando em maior disponibilidade do equipamento e maior capacidade produtiva, que por sua vez, se refere a maior lucro, competitividade e autonomia para a indústria.

Neste estudo a redução de custos para a fábrica não foram calculados, também não é possível afirmar o impacto que adicionar pessoas (1 operador e 2 pessoas da limpeza) na execução do SETUP, segue como sugestão para os futuros estudos.

Conclui-se que o método criado por Shingo é eficiente e nos conduziu a redução geral de 73,8% de redução do tempo de SETUP inicial, resultado muito positivo para empresa e que também impactou no aumento da disponibilidade e capacidade produtiva da linha onde o estudo foi realizado.

A seguir, perspectivas, sugestões e melhorias futuras: uso do diagrama espaguete e mapeamento de fluxo de valor podem ser bastante vantajosos nas aplicações futuras, aplicação do SMED nas demais linhas da fábrica para que seja possível alcançar maiores reduções de SETUP, reaplicação do método na linha

estudada, porém com maior investimento para as melhorias possam ser voltadas para automatização dos equipamentos e assim, seja possível alcançar o dígito único.

REFERÊNCIAS

CAMPOS, Vicente. **Gerenciamento pelas diretrizes: o que todo membro da alta administração precisa saber para entrar no terceiro milênio**. 5. ed. Nova Lima: Falconi, 2013. 270 p.

CARNEIRO, Maria; ANDRADE, Mayara; MEDEIROS, Walber; LEMOS, Washington. Estudo de otimização para maximização da capacidade produtiva de um processo da indústria automobilística. **AEDB – FER**, Rio de Janeiro, 7 abr. 2019. Disponível em: <https://www.aedb.br/wp-content/uploads/2015/05/4417.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2022.

CHIARINI, Andrea. Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers. **Journal of Cleaner Production**, v. 85, p. 226-233, 15 dez. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.07.080>. Acesso em: 9 mar. 2022.

FOGLIATTO, Flávio; FAGUNDES, Paulo. Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso. **Gestão & Produção**, 12 dez. 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2003000200004>. Acesso em: 24 fev. 2022.

GOUBERGEN, DirkVan; LANDEGHEMB, HendrikVan. Rules for integrating fast changeover capabilities into new equipment design. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 18, p. 205-214, 15 ago. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/S0736->

5845(02)00011-X. Acesso em: 25 fev. 2022.

KOSKELA, Lauri. **An exploration towards a production theory and its application to construction**. 2000. 296 p. Dissertação (Doutorado em Tecnologia) - Helsinki University of Technology, Espoo, Finland, 2000. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/35018344_An_Exploration_Towards_a_Production_Theory_and_its_Application_to_Construction. Acesso em: 13 fev. 2022.

MELO, Rafaela. **Aplicação do Lean Manufacturing: redução do tempo de setup e cálculo de desempenho em estufas de secagem de uma indústria farmacêutica**. Orientador: Samuel de Oliveira. 2017. 71 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia da Produção) - UNIFOR- MG, Formiga - MG, 2016. Disponível em: <https://repositorioinstitucional.uniformg.edu.br:21074/xmlui/handle/123456789/486>. Acesso em: 11 fev. 2022.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introduction to Tpm: Total Productive Maintenance**. 1.ed.: Productivity Pr, 1988. 150 p.

PINTO, José; MATIAS, João. **Modelo de implementação do pensamento JIT: uma abordagem prática aos conceitos**. Edições técnicas. ed. rev. Porto: Publindústria, 2009. 144 p.

SANTOS, Renato; VASCONCELOS, Natália; LIMA, Monique; NETO, Geraldo; OLIVEIRA, Raniele. Teoria das Restrições e Troca Rápida de Ferramentas: Um estudo de caso em uma estamperia. Anais. XIX SIMPEP – Simpósio de Engenharia de Produção. Bauru, 2012. Disponível em: https://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep_todos.php?e=7. Acesso em: 15/02/2022.

SATOLO, Eduardo; ARAÚJO, Felipe. Troca Rápida de Ferramentas: estudo de

casos em diferentes segmentos industriais **Exacta**, vol. 6, pp. 283-296, julho – dezembro. 2008. Universidade Nove de Julho São Paulo, Brasil. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81011748011>. Acesso em: 10 fev. 2022.

SHINGO, Shigeo. **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta**: Uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 2008. 327 p.

SUGAI, Miguel; MCINTOSH, Richard; NOVASKI, Olívio. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. **Gestão & Produção**, 28 set. 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2007000200010>. Acesso em: 10 fev. 2022.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por todo amor, amparo e bondade ao longo de toda a minha vida e principalmente nesta fase acadêmica.

Sempre serei eternamente grata a minha mãe, que foi meu apoio e sustento até aqui.

Agradeço aos meus amigos que sempre me apoiaram, me ergueram e torcem por mim.

A UFRPE/UACSA, DAEMEC, SEMEC, projetos, eventos acadêmicos e professores que me tornaram a engenheira que sou hoje.

A Karla, minha orientadora, que aceitou e seguiu nesse grande desafio comigo.

Aos meus mentores do estágio e indústria onde foi realizado este trabalho, que contribuíram fortemente para o meu desenvolvimento profissional. E a jujuba pela companhia durante toda a escrita.