



# ConBRepro

XIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



IA nas Engenharias

29 nov. a 01 de dezembro 2023

## Aplicação do SMED na Redução de Tempos de Setup de uma Empresa Farmacêutica: Estudo de Caso

**Marcos Vinicius Guimarães Pinto**

Programa de Graduação em Engenharia de Produção - Universidade Adventista de São Paulo, campus Engenheiro Coelho

**Resumo:** Este estudo foca na otimização do tempo de setup durante as trocas de turno na máquina de envase de cápsulas de uma empresa farmacêutica, visando reduzir o tempo de inatividade e aumentar a produtividade.

O estudo combina elementos quantitativos e qualitativos, coletando e analisando dados ao longo de três semanas em todos os turnos de produção. A análise revelou variações significativas nos tempos de setup entre os turnos. Utilizando a metodologia SMED (Single Minute Mold Exchange), a implementação resultou em reduções notáveis: 68,03% no primeiro turno, 70,71% no segundo e aproximadamente 66,49% no terceiro.

**Palavras-chave:** Setup; SMED; Eficiência operacional

## Application of SMED to Reduce Setup Times in a Pharmaceutical Company: Case Study

**Abstract:** This study focuses on optimizing setup time during shift changes in a pharmaceutical company's capsule filling machine, aiming to reduce downtime and increase productivity.

The study combines quantitative and qualitative elements, collecting and analyzing data over three weeks across all production shifts. The analysis revealed significant variations in setup times between shifts. Using the SMED (Single Minute Mold Exchange) methodology, the implementation resulted in notable reductions: 68.03% in the first round, 70.71% in the second and approximately 66.49% in the third.

**Keywords:** Setup; SMED; Operational efficiency

### 1. Introdução

Este estudo ajuda a compreender os métodos mais eficazes para reduzir os tempos de configuração em ambientes de produção e fornece informações importantes para gestores e profissionais envolvidos em processos de produção. Centra-se no valor da eficiência

operacional no ambiente industrial competitivo e destaca a importância da redução dos tempos de configuração como uma estratégia significativa para atingir este objetivo.

A busca incessante pela eficiência e excelência operacional é à base das indústrias atuais. Uma estratégia amplamente utilizada para atingir esse objetivo é reduzir o tempo de instalação de equipamentos industriais. Essa estratégia inclui identificar e eliminar atividades desnecessárias, padronizar processos e utilizar ferramentas específicas, tudo com o objetivo de reduzir o tempo de inatividade e aumentar a eficiência. Os benefícios dessa abordagem são significativos, incluindo maior produtividade, redução de custos e vantagem competitiva no mercado (Pereira, 2015).

A eficiência operacional é um dos pilares para o sucesso empresarial por meio de um ambiente industrial altamente competitivo. Uma das principais atividades a serem trabalhadas é o processo de *setup*, que inclui a preparação de equipamentos para tarefas de produção. O tempo gasto nesta atividade afeta diretamente a produtividade, pois durante esse tempo a máquina fica ociosa (Terence, 2002).

Este estudo tem como foco a aplicação de técnicas e estratégias para reduzir significativamente o tempo de instalação de equipamentos industriais. Abrange aspectos que vão desde a identificação das etapas envolvidas no processo de configuração até a implementação de medidas específicas para melhorar a eficiência.

O objetivo deste estudo é minimizar os tempos no processo de *setup* de uma envasadora de cápsulas de uma empresa farmacêutica. Serão discutidas estratégias práticas, métodos de implementação e exemplos de sucesso, a fim de fornecer *insights* valiosos para gestores e profissionais envolvidos em processos de manufatura.

O trabalho realizado é baseado em um estudo de caso de redução do tempo da troca de turno em uma máquina de uma empresa farmacêutica. Baseia-se em relatórios técnicos e artigos acadêmicos que abordam diferentes abordagens para otimizar esse tempo, identificando métodos e melhores práticas aplicáveis aos negócios.

## **2. Métodos**

O estudo foi conduzido utilizando métodos descritivos e exploratórios conforme método proposto por Gil (1996) com o objetivo de analisar detalhadamente o problema de pesquisa. Inicialmente conduzimos uma pesquisa exploratória para identificar os principais padrões e problemas relacionados aos tempos de configuração durante as mudanças de turno nas máquinas de envase

Foram aplicadas abordagens qualitativas e quantitativas para coletar e analisar o tempo de preparação durante as mudanças de turno. Segundo Hair et al. (2019), dados quantitativos foram utilizados para quantificar tempos de *setup* e avaliar o impacto das melhorias.

O estudo foi realizado em uma empresa do setor farmacêutico, localizada no interior de São Paulo, o procedimento utilizado foi um estudo de caso. Foram coletados dados durante um período de três semanas, nos três turnos. Foram avaliados os tempos de *setup* na troca dos turnos na máquina de envase, que é considerado um gargalo no processo produtivo da empresa, devido ao seu alto tempo de *setup* e à sua importância na produção de medicamentos.

A máquina de envase é uma tecnologia amplamente utilizada na indústria farmacêutica e em várias outras indústrias de embalagens. Ela é projetada para automatizar o processo de envase de produtos, como líquidos, pós, grânulos, pastas, entre outros, em embalagens diversas, como frascos, cartuchos ou sachês.

Com base nos dados coletados, foi adotada a metodologia SMED, que consiste em uma série de ações e procedimentos a serem seguidos pelos operadores da máquina. Esse

modelo foi implementado e avaliado em um período de dois meses para verificar sua eficácia na redução do tempo de *setup* e no aumento da eficiência do processo produtivo.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software Power BI, onde foram aplicados testes de hipóteses e análises de variância. A fim de avaliar os resultados obtidos após a aplicação das técnicas de SMED, foram coletados novos dados de tempos de *setup* e realizada uma comparação com os dados coletados anteriormente.

Com esta metodologia, este estudo tenta fornecer uma abordagem abrangente e prática para reduzir o tempo do *setup*, o que ajudará a melhorar a eficiência e o sucesso das operações industriais.

### **3. Importância da eficiência operacional na indústria e introdução a relevância da redução de tempos de *setup***

A indústria de hoje é caracterizada pelo aumento da concorrência de todo o mundo, as empresas devem produzir produtos que sejam de alta qualidade e eficientes. A busca constante pela excelência operacional é uma resposta a estes obstáculos, o que permite às empresas terem maior competitividade num mercado em constante evolução. Como resultado, a eficiência operacional tornou-se crítica para o sucesso contínuo das empresas na indústria moderna (Barbosa, 2015).

A eficiência operacional não é simplesmente uma questão de produzir mais em menos tempo, mas também envolve a otimização de todos os aspectos das operações da empresa. Isto envolve a utilização eficaz dos recursos disponíveis, incluindo humanos, máquinas, materiais e tempo. A otimização de recursos é crucial para reduzir custos e aumentar a rentabilidade (Dornfeld, 2016).

Dentro deste contexto, o tempo de *setup* em equipamentos industriais é significativo devido ao seu papel crítico na eficiência operacional. Cada vez que uma máquina precisa ser reconfigurada para criar um produto ou acomodar uma mudança de demanda, o processo leva tempo e resulta em tempo de inatividade e, como resultado, perda de produtividade e recursos (Callado, 2015).

Além disso, perde-se o tempo gasto na configuração, o que aumenta o custo da operação. Recursos valiosos como mão de obra, energia e matérias-primas são desperdiçados durante esse período. Sendo assim, a melhoraria do tempo de configuração não apenas aprimora a produtividade, mas também auxilia na redução dos custos operacionais, favorecendo, conseqüentemente, uma maior lucratividade (Corazza, 2016).

Diminuir os períodos de configuração oferece uma resposta mais ágil às exigências impostas pelo mercado. Em um contexto empresarial dinâmico, onde as preferências dos consumidores e as tendências do mercado podem mudar rapidamente, a habilidade de reajustar os equipamentos de forma eficiente apresenta-se essencial. Somente assim as empresas podem se adaptar às transformações e conquistar uma vantagem competitiva significativa (Maestrelli, 2014)

Processos de configuração eficazes reduzem as chances de erros e retrabalho, impactando numa menor quantidade de produtos defeituosos. Além de economizar recursos, tal abordagem se alinha com práticas de produção enxuta e sustentável, contribuindo para uma operação mais eficiente e ecologicamente responsável (Shah & Ward, 2007).

A fabricante de automóvel Toyota é frequentemente citada como uma das histórias de sucesso mais notava no uso da metodologia SMED. Eles são conhecidos por aplicar cuidadosamente essa abordagem às suas operações de fabricação.

O uso bem-sucedido da metodologia SMED pela Toyota ocorreu em sua fábrica de automóveis em *Georgetown, Kentucky, EUA*. Eles reduziram o tempo de troca de

ferramentas da máquina de 55 minutos para apenas 10 minutos, aumentando a eficiência e aumentando a capacidade de produção.

Outro exemplo da utilização do SMED é a Fórmula 1, que emprega nos *pitstops* de uma forma extrema na tentativa de minimizar a duração. A duração é inferior a 5 segundos da entrada à saída, e essa duração foi drasticamente reduzida ao longo do tempo.

Um exemplo de mudança: antes o piloto tinha uma viseira limpa no pit, mas hoje ele simplesmente tira uma camada da viseira e se desfaz dela, ou seja, converteu um evento interno em externo.

#### **4. O SMED e técnicas empregadas para otimizar os tempos de *setup* em equipamentos industriais**

Otimizar o tempo de *setup* de equipamentos industriais é um processo complexo inspirado em princípios inovadores como os recomendados pelo Sistema Toyota de Produção (TPS). Conforme observado por Womack *et al.* (2004), Eiji Toyoda e Taiichi Ohno, os visionários por trás do STP, introduziram a manufatura enxuta, uma abordagem que busca continuamente eliminar desperdícios e aumentar a eficiência e flexibilidade operacional.

O SMED (*Single Minute Mold Exchange*) é uma metodologia e um conjunto de técnicas desenvolvidas por Shigeo Shingo, um especialista em melhoria de processos na indústria, com o objetivo de reduzir o tempo de *setup* ou configuração de máquinas.

Neste contexto, a manufatura enxuta e suas diversas ferramentas parecem ser um guia para a excelência operacional (Rameez & Inamdar, 2010; Begam *et al.*, 2013). Dentre essas ferramentas, o SMED se destaca como uma importante estratégia para redução do tempo de *setup*.

O TRF, ou Tempo de Rápida Formulação, é uma métrica ou medida específica do tempo que se refere ao tempo necessário para configurar uma máquina ou processo de produção para a fabricação de um produto específico. É uma medida crítica, especialmente em indústrias que precisam mudar frequentemente de produtos ou lotes. A redução do TRF é um objetivo importante, pois a minimização do tempo de *setup* permite que a produção seja mais flexível e responsiva à demanda do mercado.

##### **4.1. SMED - Estudo aprofundado**

O SMED foi projetado por Shigeo Shingo e representa um avanço significativo no cenário de Troca Rápida de Ferramentas (TRF). Shingo documentou quatro passos necessários para implementar efetivamente o TRF (Sugai *et al.*, 2007).

###### **4.1.1. Fase inicial**

Esta fase envolve um exame abrangente das configurações internas e externas da empresa. Shingo (2000) concentra-se na importância de compreender as atividades através do tempo, entrevistas e observação direta.

###### **4.1.2. Fase 1 - A divisão das configurações internas e externas**

Seguindo o conselho de Shingo (2000), chega-se à fase crucial de diferenciação das atividades internas e externas. Usando listas de verificação e transporte aprimorado, esta etapa tenta reduzir o tempo interno de configuração durante o desligamento.

###### **4.1.2.1. *Setup* externo**

Refere-se a ações que podem ser tomadas enquanto a máquina ainda está operacional.

Essas ações ocorrem fora da máquina ou procedimento de produção.

Objetivo principal: Criar recursos, como ferramentas e suprimentos, com antecedência, que minimizem o tempo de inatividade durante a transição.

Exemplos: Pré-posicionamento de instrumentos, materiais ou dispositivos próximos à máquina.

#### **4.1.2.2. Setup Interno**

Refere-se a atividades que podem ocorrer somente quando a máquina está parada.

Requer modificações e configurações diretas na máquina ou durante o processo de produção.

Objetivo principal: Mudar as coisas da maneira mais rápida e eficaz possível.

Exemplos: Alteração das configurações da máquina, substituição de ferramentas ou alteração de peças da chave durante períodos de inatividade.

#### **4.1.3. Fase 2 – Converter procedimento interno em procedimento externo**

A ênfase na conversão de processos internos em processos externos é a base desta fase. A preparação antecipada, a padronização e a utilização de regras temporárias, conforme proposto por Shingo (2000), têm impacto significativo na busca pela eficiência.

#### **4.1.4. Fase 3 – Reduzir a complexidade de todos os aspectos das operações do *setup***

Shingo (2000) afirma que esta etapa visa reduzir o tempo de *setup* para menos de 10 minutos. Estratégias inovadoras, incluindo inovação radical, operação paralela e imobilização funcional, são propostas para atingir este objetivo. Shingo (2000) descreve a implementação bem-sucedida do TRF como tendo benefícios significativos, incluindo a eliminação de problemas de estoque, aumento da utilização de máquinas e redução de erros e melhoria da qualidade e confiabilidade. Maior flexibilidade de produção.

Ao aplicar os princípios de STP e integrar estratégias avançadas como SMED, as organizações podem não só reduzir o tempo de configuração, mas também alcançar novos níveis de eficiência operacional e adaptabilidade às exigências do mercado. Estas estratégias não só otimizam a produção, mas também impulsionam a mudança cultural em direção à excelência contínua.

### **5. Estudos de caso**

Essa foi a metodologia escolhida para otimizar o tempo de *setup* na troca de turno na máquina de envase de cápsulas de uma empresa farmacêutica.

“O primeiro passo para reduzir o tempo de *setup* é distinguir entre atividades internas e externas”, ressalta Shingo (1985). As operações internas exigem que a máquina seja parada, enquanto as operações externas podem ser executadas enquanto a máquina está em funcionamento.

A análise mostrou que algumas atividades internas ocupavam muito tempo. Para resolver esse problema, a equipe implementou melhorias em ferramentas e processos que reduziram significativamente o tempo gasto em operações internas.

Shingo (1985) enfatizou: “A operação paralela é uma estratégia eficaz para economizar tempo de configuração”. A empresa adotou o método de paralelização de operações, permitindo que determinadas tarefas sejam executadas enquanto a máquina está em funcionamento. Isto resulta em economias de tempo significativas.

O tempo de *setup* é monitorado de perto após melhorias serem feitas. Os resultados mostraram que o tempo de preparação foi significativamente reduzido em todos os casos.

As melhores práticas identificadas foram padronizadas e os operadores são treinados para segui-las de forma consistente.

A empresa funciona 24 horas por dia, dividida em três turnos. O desafio surgiu durante uma mudança de turno, quando a máquina de envase precisou passar por um processo de adequação para se adaptar às novas condições de produção. Envolveu operações como troca, conserto e ajuste de ferramentas, e cada mudança demorava muito tempo.

Durante um período de três semanas, (excluindo sábados e domingos), foram coletados dos tempos de *setup* de cada turno.

A tabela 1 apresenta o detalhamento das atividades para o *setup* do equipamento.

**Tabela 1: Detalhamento das atividades de *setup***

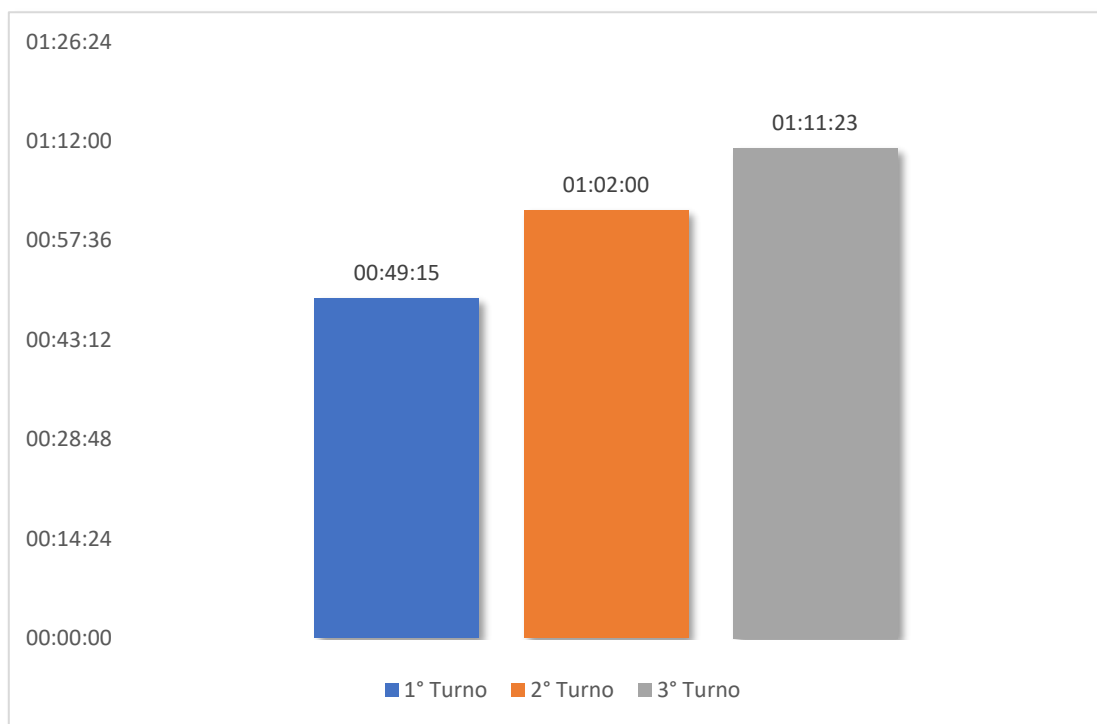
<b>N°</b>	<b>Atividade</b>
1	Dar início ao <i>setup</i>
2	Limpar bucais da máquina
3	Verificar os remédios a serem trabalhados no turno
4	Buscar frascos dos remédios
5	Colocar frascos na esteira
6	Ajustar largura da cerca da esteira
7	Ajustar altura dos bucais
8	Ajustar a quantidade a ser despejada
9	Realizar teste, fazer inspeção e correções
10	Finalizar <i>setup</i>

**Fonte: Empresa estudada**

Esta tabela descreve as atividades comuns que ocorrem durante o *setup* da envasadora de cápsulas quando ocorre a troca de turno.

O gráfico 1 mostra a média dos tempos do *setup* geral registrados nessas três semanas:

**Gráfico 1 – Média do tempo de *setup* no período de três semanas**



Fonte: Empresa estudada

“Variações nos tempos de *setup* são comuns em um ambiente de manufatura. Identificar e limitar essas variações são essenciais para melhorar a eficiência”, afirma Shingo (1985).

Nas tabelas 2 e 3 proporcionam uma distinção entre os dois tipos de *setup*, o *setup* externo e o *setup* interno. Desta maneira vemos a presença de atividades que podem ser executadas de forma independente, sem a exigência de interrupção do funcionamento da máquina. Isso não apenas aprimora a compreensão das complexidades do processo de *setup*, mas também identifica oportunidades cruciais para otimização, onde as operações externas podem ser sincronizadas de forma mais eficaz com as ações internas, resultando em reduções substanciais no tempo total de *setup*.

Tabela 2: Atividades de *setup* externo

N°	Atividade
3	Verificar os remédios a serem trabalhados no turno
4	Buscar frascos dos remédios
5	Colocar frascos na esteira

Fonte: Empresa estudada

Tabela 3: Atividades de *setup* interno

N°	Atividade
1	Dar início ao <i>setup</i>
2	Limpar bucais da máquina
6	Ajustar largura da cerca da esteira
7	Ajustar altura dos bucais
8	Ajustar a quantidade a ser despejada

9	Realizar teste, fazer inspeção e correções
10	Finalizar <i>setup</i>

Fonte: Empresa estudada

## 5.1 Melhorias adotadas

Foram adotadas melhorias com o objetivo específico de minimizar as perdas identificadas durante as operações de *setup*.

Nos *setups* externos, tivemos a diminuição de tempo, pois a máquina está em funcionamento e o trabalhador está realizando atividades paralelas.

Já no *setup* interno tivemos algumas as seguintes melhorias:

Na atividade nº2, uma mesa foi estrategicamente posicionada próxima à máquina, designada exclusivamente para armazenar produtos de limpeza. Cada produto foi identificado com seu nome para facilitar a localização e tornar o processo de limpeza mais eficiente.

Nas atividades número 6, 7 e 8, um guia de especificações foi anexado à máquina, com informações claramente visíveis e facilmente acessíveis. Este guia continha as dimensões de largura, altura e quantidade de cápsulas necessárias para cada remédio. Essa medida tornou o processo mais rápido e preciso.

Com visão no futuro, estamos considerando a automação da máquina por meio da implementação de sensores. Essa automação visa aprimorar a agilidade do processo, reduzindo ainda mais o tempo de *setup*.

Para a atividade de nº9, foram conduzidos testes e implementado um checklist digital. Essa abordagem agiliza a etapa de inspeção e correção de quaisquer problemas que possam surgir durante o *setup*.

Além dessas melhorias práticas, realizamos treinamentos com os operadores. Esses treinamentos visam aprimorar o conhecimento e habilidades dos operadores, capacitando-os a contribuir com ideias para a melhoria contínua e, assim, tornando o processo ainda mais eficiente.

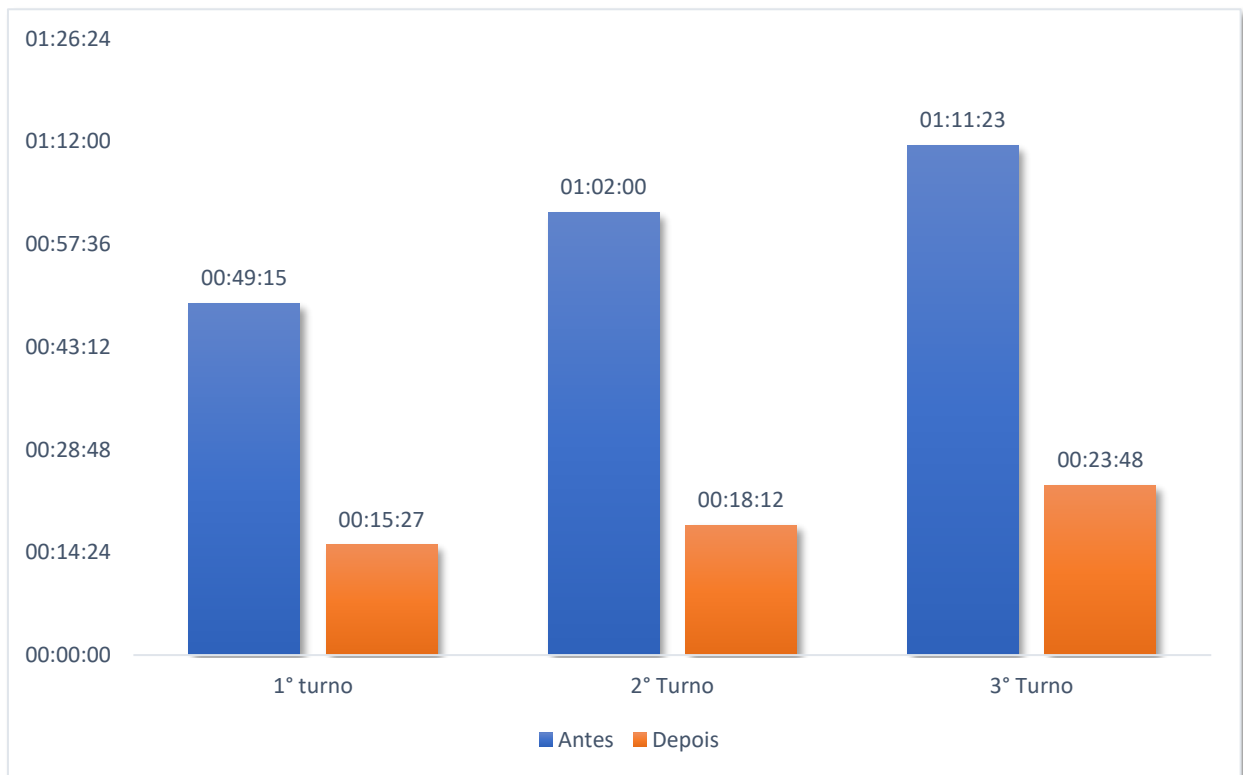
Essas ações combinadas refletem nosso compromisso com a implementação da metodologia SMED, que visa reduzir o tempo de *setup* e otimizar nossas operações.

## 6. Resultados e discussão

Após implementar as melhorias, a empresa alcançou resultados notáveis, como mostra o gráfico 2, que define os tempos de *setup* antes e depois da implementação:

Gráfico 2 – Tempos de *setup* antes e depois





Fonte: Empresa estudada

A empresa farmacêutica continua a implementar métodos e processos que reduzem significativamente o tempo de preparação. No entanto, a empresa obteve melhorias significativas na eficiência operacional e na capacidade de produção, economizando tempo e melhorando a eficiência dos processos.

## 7. Conclusões

O principal objetivo deste trabalho é a otimização do tempo de programação de um ciclo de máquina de envase de cápsulas para uma empresa farmacêutica, utilizando a abordagem SMED (*Single Minute Change Mold*). Os objetivos específicos indicados neste estudo permitem uma análise abrangente do processo SMED durante a implementação do programa.

Os resultados após a implementação das melhorias foram notáveis: o tempo médio de *setup* no primeiro turno foi reduzido de aproximadamente 68,03%; no segundo turno, deve uma redução de aproximadamente 70,71%; e no terceiro turno foi aproximadamente 66,49%. A empresa farmacêutica continua a aprimorar seus processos, obtendo melhorias significativas na eficiência operacional e na capacidade de produção.

Esses resultados confirmam a eficácia do método SMED na otimização dos processos de *setup* em um ambiente industrial farmacêutico.

Além de reduzir o tempo de preparação, a utilização de métodos SMED também melhora o planejamento e a uniformização do treinamento dos colaboradores.

A padronização destes procedimentos ajuda a reduzir a variabilidade e melhora a confiabilidade do processo de instalação.

A primeira hipótese era que a implementação do programa SMED poderia levar a uma redução no tempo de configuração confirmado através da análise de dados. Isto confirma

a importância da abordagem SMED como ferramenta para melhorar o processo de planejamento de processos industriais complexos, como a indústria farmacêutica.

Além disso, investigar outros métodos e ferramentas para melhorar a produtividade pode ser importante para este estudo. É importante ressaltar que a redução dos horários de consulta não deve ser vista isoladamente, mas como uma componente importante para encontrar bons empregos e aumentar a concorrência no setor da saúde. Fornece informações valiosas sobre como usar o processo SMED para reduzir o tempo de implementação e melhorar a eficiência operacional e a produtividade para empresas de unidades de saúde.

Este trabalho também demonstra a necessidade de buscar continuamente melhorias na indústria, dada a crescente demanda por medicamentos seguros e de alta qualidade.

## Referências

BARBOSA, Alex Lourenço. **Redução de tempos de *setup*: aplicação de troca rápida de ferramentas em indústria de bebida**, 2015 45 f.

Begam, M. S., Swamynathan, R., Sekkizhar, J. ***Current trends on lean management – areview. International Journal of Lean Thinking***. 2013. p. 15-21.

CALLADO, M. P. *et al.* **Implantação do método de troca rápida de ferramentas no setor de usinagem em uma indústria de autopeças**. In: XXXV ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Fortaleza, 2015.

CORAZZA, E. J. **Otimização do tempo de *setup* no setor de usinagem, em uma empresa de processamento de alumínio de Joinville/SC – Brasil**. In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. João Pessoa, 2016.

DORNFELD, D. **Fusão integrada de dados acústicos e de vibração para vibração e classificação de condições de ferramentas em fresamento**. Simpósio Internacional sobre Automação Flexível 2016 (ISFA). Anais ...IEEE, 2016.

GIL, D. Novas tendências no ensino de ciências. **Revista Internacional em Educação Científica**, v.18, n. 8, pág. 889-901, 1996.

Hair, J.F., Risher, J.J., Sarstedt, M. and Ringle, C.M. "When to use and how to report the results of PLS-SEM", **European Business Review**, Vol. 31 No. 1, pp. 2-24, 2019.

HIRANO, H. **5 pilares do ambiente de trabalho visual**. Nova York, NY: *Productivity Press*, 1995.

MAESTRELLI, N. Redução de tempos de preparação de máquinas (*setup*): um caso de aplicação. **Revista Manufatura em foco, Prol Editora Gráfica**, p.8-11, ano 2, nº12, 2014.

Morgan, I. **O método SMED: reduzindo tempos e custos**. **DataScope**. <https://datascope.io/pt/blog/o-metodo-smed-reduzindo-tempos-e-custos/>, acesso: 23/09/2023.

OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção: Além da produção em larga escala**. Nova York, NY: *Productivity Press*, 1988.

PEREIRA, Carla Aquis. **Estudo sobre a aplicação das ferramentas da qualidade como estratégia da melhoria contínua nas empresas**. 2015.

Rameez, H. M., Inamdar, K. H. **Areas of lean manufacturing for productivity improvement in a manufacturing unit**. **World Academy of Science, Engineering and Technology**, 2010. p. 890-893.

SHAH, R.; WARD, P. T. *Defining and developing measures of lean production. Journal of operations management*, v. 25, n. 4, p. 785–805, 2007.

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

Sugai, M., Mcintosh, R. I., Novaski, O. (2007). **Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso.** *Gestão & Produção*, 14(2), 323-335.

TERENCE, Ana Cláudia Fernandes. **Planejamento estratégico como ferramenta de competitividade na pequena empresa: desenvolvimento e avaliação de um roteiro prático para o processo de elaboração do planejamento.** 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

Womack, J.P., Jones, D.T., Roos, D. (2004). **A máquina que mudou o mundo.** 5 ed, Rio de Janeiro: Campus. 2004. p. 360.