

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE  
CHANGEOVER EM EQUIPAMENTO DE INSERÇÃO AUTOMÁTICA DE  
COMPONENTE RADIAL E EQUIPAMENTO DE PRINTAGEM EM PLACAS  
DE CIRCUITOS ELETRÔNICOS**

**APPLICATION OF THE SMED METHODOLOGY FOR CHANGEOVER  
TIME REDUCTION IN RADIAL COMPONENT AUTOMATIC INSERTION  
EQUIPMENT AND PRINTING EQUIPMENT FOR ELECTRONIC CIRCUIT  
BOARDS**

**Thulio Ferreira Silva<sup>1</sup>, Prof. Me. João Mário Mendes de Freitas<sup>2</sup>**

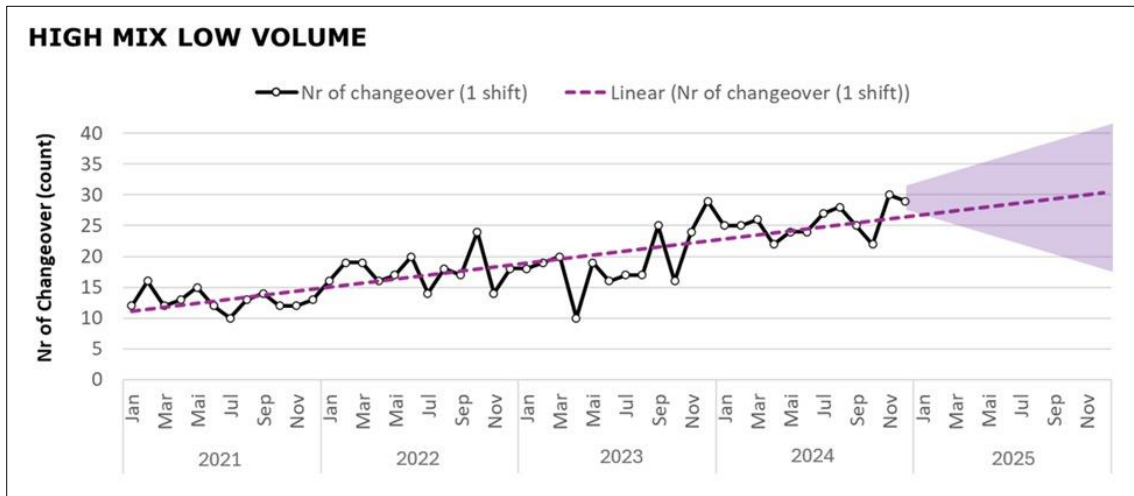
<sup>1</sup>Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, Minas Gerais,  
thulioferreiras500@hotmail.com

<sup>2</sup>Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, Minas Gerais,  
joao.freitas@professor.unis.edu.br

## **1 INTRODUÇÃO**

A dinâmica industrial contemporânea é marcada por um cenário de alto mix de produtos em baixo volume de produção (High Mix Low Volume - HMLV), que exige constante adaptação e acarreta um aumento significativo na frequência de trocas de ferramentas e ajustes nos equipamentos, os changeovers. Tais interrupções representam um desafio considerável, impactando a pontualidade das entregas e a eficiência operacional. Em uma fábrica do segmento de montagem de componentes eletrônicos, a análise de dados históricos entre 2021 e 2024 revela uma tendência clara de crescimento no número de changeovers, com uma projeção de elevação ainda maior para 2025.

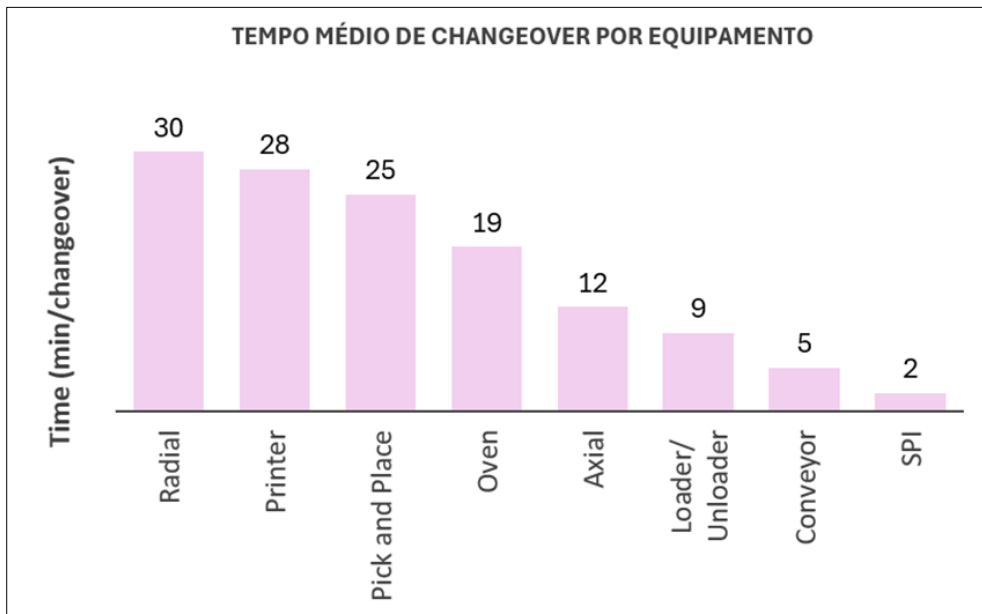
Figura 1 – Ilustração do cenário de aumento no número de changeovers entre 2021 a 2024 e projeção para 2025.



Fonte: O autor (2025).

Nesse contexto, a metodologia SMED, que visa reduzir o tempo de changeover, destaca-se como uma ferramenta eficaz. O presente estudo fará um recorte temático, focando nos equipamentos críticos que apresentam os maiores tempos de troca: a máquina de inserção de componente Radial e a máquina de printagem de circuitos eletrônicos Printer, identificadas como pontos-chave para a melhoria de produtividade.

Figura 2 – Ilustração do tempo médio de changeover por equipamentos do setor.



Fonte: O autor (2025).

Diante deste problema, a questão de pesquisa é: De que forma a aplicação da metodologia SMED pode mitigar os impactos do cenário HMLV sobre a produtividade, resultando na redução do tempo de changeover em equipamentos críticos (Radial e Printer) e contribuindo para a eficiência operacional de uma fábrica? A hipótese deste estudo é que a aplicação do SMED nos equipamentos críticos resultará na redução do tempo de changeover em um percentual significativo, aumentando a eficiência operacional da linha de produção.

O objetivo geral é demonstrar a eficácia da aplicação da metodologia SMED na redução do tempo de changeover nestes equipamentos críticos citados, visando mitigar os impactos do cenário High Mix Low Volume e elevar a produtividade da fábrica. Os objetivos específicos incluem mapear e cronometrar o processo atual, identificar as atividades internas e externas, propor um novo procedimento operacional padronizado (POP) com técnicas de conversão e otimização, e comparar os tempos para mensurar a redução alcançada e seu impacto no tempo de disponibilidade do equipamento.

A Justificativa deste estudo é a necessidade de intervir diretamente no gargalo produtivo gerado pelo HMLV. A relevância operacional reside em fornecer um estudo de caso prático e mensurável, com resultados concretos do SMED aplicado em equipamentos críticos de montagem eletrônica. A contribuição financeira se manifesta na redução direta do tempo de changeover, o que aumenta a disponibilidade do equipamento e a capacidade produtiva da linha, permitindo maior flexibilidade para absorver pedidos HMLV sem necessidade de grandes investimentos. Academicamente, o trabalho valida a eficácia do SMED em um cenário industrial moderno de alto mix de produtos em baixo volume.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A base do estudo está na Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing), uma filosofia desenvolvida por Ohno e Shingo a partir do Sistema Toyota de Produção, que visa a eliminação de desperdícios, chamados de mudas por Ohno (1997). Outro conceito importante dentro da filosofia enxuta é o OEE (Overall Equipment Effectiveness). Segundo Nakajima (1988), o OEE é calculado com base em três indicadores: disponibilidade, desempenho e qualidade. Changeovers demorados reduzem a disponibilidade do equipamento e conseqüentemente o OEE, tornando técnicas como o SMED fundamentais.

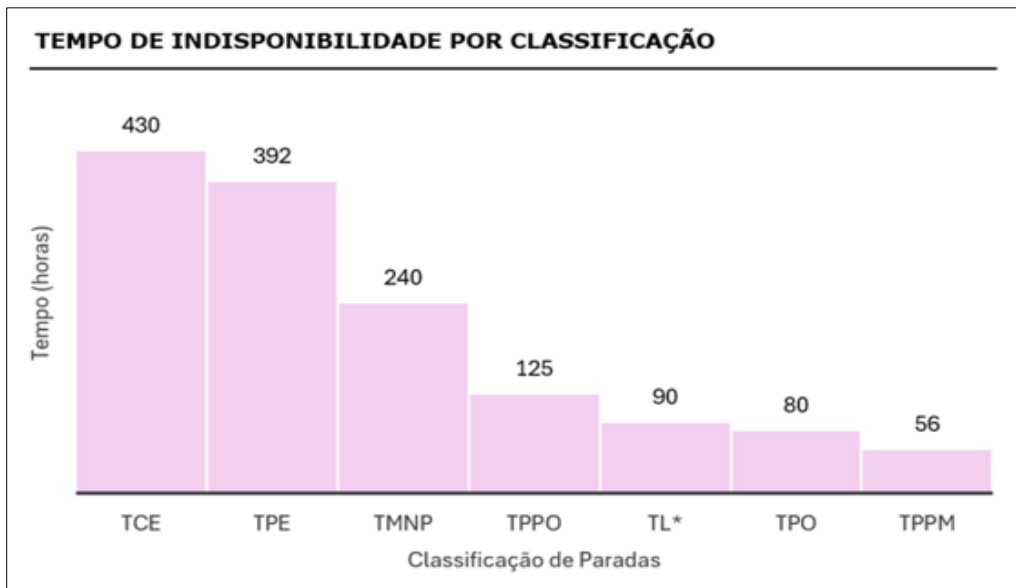
O cenário industrial moderno, caracterizado por alto mix e baixo volume de produção, é uma tendência que impõe desafios relacionados ao tempo de changeover. O changeover é um gargalo, pois a máquina fica parada e não agrega valor ao produto. A redução do tempo de setup é a forma mais direta de aumentar a flexibilidade da produção.

A busca pela eficiência plena, inerente à mentalidade enxuta, demanda a identificação e a análise sistemática de todas as fontes de interrupção e ineficiência nos processos, com o objetivo de otimizar a utilização dos recursos. Para fins de mensuração e gestão da eficiência, existe um sistema de classificação interna que organiza os diferentes tipos de indisponibilidade de equipamentos. Este sistema agrupa as interrupções em sete categorias principais:

- TCE – Tempo de Parada de Causa Externa
- TPE – Tempo de Parada Empresarial
- TMNP – Tempo de Manutenção Não Programada
- TPPO – Tempo de Parada Programada Operacional
- TL – Tempo de Parada de Tempo Livre
- TPO – Tempo de Parada Operacional
- TPPM – Tempo de Parada Programada para Manutenção

O Tempo de Parada Programada Operacional (TPPO) é o tipo de indisponibilidade que concentra as interrupções para a realização de changeover e, dentro da área de atuação da Engenharia de Processos, representa o maior tempo de parada no ano de 2024. Em ambientes de produção com alto mix de produtos, como o cenário HMLV, o TPPO tende a se intensificar, demonstrando sua criticidade para a eficiência do fluxo produtivo.

Figura 3 – Ilustração do tempo de indisponibilidade por classificação em 2024.



Fonte: O autor (2025).

A metodologia SMED (Single Minute Exchange of Die) foi desenvolvida por Shigeo Shingo dentro da Toyota, com o objetivo de reduzir o tempo de setup de máquinas para menos de dez minutos, ou seja, para “minutos de um dígito” (Shingo, 1985). Essa técnica é uma das principais ferramentas da Manufatura Enxuta e busca aumentar a flexibilidade produtiva, reduzir paradas e melhorar o aproveitamento dos equipamentos.

O SMED é dividido em quatro etapas principais:

- a) Separação de atividades internas e externas – identificar o que precisa ser feito com a máquina parada (interno) e o que pode ser feito enquanto ela ainda está operando (externo);
- b) Conversão de atividades internas em externas – reorganizar as tarefas para diminuir o tempo de máquina parada;
- c) Otimização das atividades remanescentes – simplificar as tarefas que não podem ser transferidas, utilizando ferramentas e métodos mais eficientes;
- d) Padronização dos novos procedimentos – documentar e treinar os operadores para garantir que o novo método seja mantido e aplicado corretamente.

Na prática, diversos estudos comprovam os benefícios da aplicação do SMED. Cakmakci (2009), por exemplo, aplicou a metodologia em uma montadora automotiva e obteve redução de 70% no tempo de setup. Fernandes et al. (2017) também apresentaram resultados positivos ao implementar o SMED em uma linha de envase, demonstrando que a metodologia pode ser aplicada em diferentes tipos de processos industriais.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O modo de coleta de dados será dividido em duas fases distintas, mas interligadas, que refletem a metodologia de Estudo de Caso e Pesquisa-Ação. O processo garantirá a obtenção de dados quantitativos precisos para a análise comparativa entre a situação atual e a situação proposta.

A primeira fase, de Diagnóstico e Linha de Base, tem como objetivo quantificar o problema e detalhar o procedimento atual de changeover nas máquinas Radial e Printer. Inicialmente, a coleta de dados envolve a consulta a apontamentos e relatórios de produção da unidade fabril para obter informações históricas sobre a frequência e tempo médio de changeover no período anterior à intervenção.

Em seguida, o processo de changeover será detalhadamente registrado por meio de observação direta e captura de vídeo, com a descrição das atividades sendo estruturada na Folha de Combinação de Processos. Este documento permitirá o mapeamento do fluxo, o detalhamento das ações, e a classificação inicial das atividades como internas ou externas. Por fim, para estabelecer a Linha de Base, serão realizadas cronometragens do tempo médio de changeover em cada máquina, garantindo a precisão necessária para a análise comparativa futura.

Figura 4 – Exemplo do documento Folha de Combinação de Processos.

Changeover Analysis								
Machine / Equipment : 12 ton press		Change from: B13-Q		Date: 3-12-2000		Sheet #: 2/2		
Process Name: Bundle Crimp		Change to: A14-Z		Name of observer: Janelle		Proposed		
No.	Description of Task	Clock Time	Task Time (sec)	Internal	External	Comments	New Internal Time (sec)	New External Time (sec)
23	Cart H brought to right side of press	16'7"	22	X		Externalize		22
24	Unload die and place on cart	16'35"	28	X		Use lift assist mechanism?	21	
25	Clean off die	17'33"	58	X		Externalize - do after cycle start		58
26	Remove material from packaging	17'44"	11	X		Externalize - do during previous cycle		11
27	Load first piece	17'59"	15	X		Loading needs to be simplified!	10	
28	Run first piece	18'10"	11	X			11	
29	Fine tune die height on right side	18'45"	35	X		Need permanent settings	6	
30	Lower die	18'54"	9	X		Could be eliminated if no fine tuning	0	
31	Fine tune die height on left side	20'23"	89	X		Need permanent settings	6	
32	Lower die	20'32"	9	X		Could be eliminated if no fine tuning	0	
33	Tighten bolts on both sides	20'38"	6	X		Quick clamps?	3	
34	Cycle start	20'40"	2	X			2	
<b>Total Time (seconds)</b>			295				59	91

Fonte: Philips Lighting – Operations Playbook: Quick Changeover (2009).

A segunda fase concretiza a aplicação da Pesquisa-Ação. Os dados e o mapeamento da Folha de Combinação de Processos da Fase 1 são submetidos à análise e

proposição da aplicação do SMED, onde as etapas de separação, conversão e otimização da metodologia são aplicadas em conjunto com a equipe de operação e engenharia. Esta análise resultará no desenvolvimento de um novo procedimento operacional padrão (POP) para o changeover, incorporando as melhorias propostas.

Finalizada a implementação e o treinamento da equipe, a aplicação e nova cronometragem serão realizadas, coletando-se novamente os tempos de changeover. Estes dados pós-intervenção permitirão a mensuração objetiva dos resultados e a validação do potencial de redução do tempo de changeover.

Os dados coletados serão tratados por meio de análise estatística e comparativa para validar a hipótese. Serão utilizados softwares como Microsoft Excel ou Minitab para organização, cálculo e tratamento dos dados quantitativos. Os resultados serão mensurados pela comparação direta entre o tempo médio de changeover registrado na Linha de Base e o tempo obtido após a Implementação do SMED.

A eficácia da aplicação será demonstrada pela quantificação da redução percentual do changeover nos equipamentos em foco. Os resultados serão apresentados por meio de tabelas, gráficos de barras e histogramas para ilustrar a melhoria alcançada e a sustentabilidade do novo processo.

#### **4 RESULTADOS ESPERADOS**

Os resultados esperados do desenvolvimento deste estudo visam a confirmação da hipótese de pesquisa, demonstrando a eficácia da aplicação da metodologia SMED em um contexto industrial real. A mensuração dos resultados abrangerá as contribuições tanto no âmbito técnico-operacional e financeiro, quanto para o ambiente acadêmico e social.

No que tange às contribuições operacionais e financeiras, a principal expectativa é a quantificação dos ganhos obtidos pela intervenção do SMED. Espera-se a redução do tempo médio de changeover nas máquinas de inserção de componente Radial e Printer em um percentual significativo. Essa redução direta das paradas operacionais resultará no aumento do indicador OEE, elevando a disponibilidade e a capacidade produtiva da linha. Financeiramente, o aumento da capacidade produtiva permite maior flexibilidade para absorver a demanda do cenário High Mix Low Volume, minimizando a necessidade de investimentos em novos equipamentos e reduzindo custos indiretos. A consolidação da melhoria será materializada pela criação de um Procedimento Operacional Padrão (POP)

revisado, garantindo a eliminação dos desperdícios e a sustentabilidade do novo fluxo de trabalho.

Em relação às Contribuições Acadêmicas e Sociais, o estudo fornecerá uma validação prática e quantitativa da eficácia da metodologia SMED em um contexto industrial moderno, com o desafio do cenário de High Mix Low Volume. O trabalho contribuirá para a literatura de Manufatura Enxuta, oferecendo um modelo prático e um roteiro detalhado de melhoria contínua que pode ser replicado por outras indústrias profissionais da área. Ao otimizar os processos e elevar a eficiência, o projeto também fortalece a competitividade da empresa e a qualificação da mão de obra envolvida na operação.

## REFERÊNCIAS

- CAKMAKCI, M. Process improvement: performance analysis of the setup time reduction–SMED in the automobile industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, v. 41, p. 168–179, 2009.
- FERNANDES, F. L. P. et al. Aplicação da metodologia SMED para redução de tempos de setup em linhas de envase. *Gestão&Produção*, v. 24, n. 3, p. 540–554, 2017.
- MATT, D. T.; RAUCH, E.; DALLASEGA, P. Trends towards customized mass production. In: *Design, Manufacturing and Mechatronics*. Springer, 2015.
- MOREIRA, D. A. *Administração da Produção e Operações*. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- NAKAJIMA, S. *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Cambridge: Productivity Press, 1988.
- OHNO, T. *O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala*. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- PHILIPS LIGHTING. *Operations Playbook: Quick Changeover*. Eindhoven: Philips Lighting, 2009. Manual interno.
- PHILIPS LIGHTING. *Workshop Changeover Expert*. Varginha: Philips Lighting, 2012. Documento interno de treinamento.
- SHINGO, S. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. Cambridge: Productivity Press, 1985.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. *A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza*. Rio de Janeiro: Campus, 1996.