



OTIMIZAÇÃO DE SETUP EM IMPRESSORA FLEXOGRÁFICA: APLICAÇÃO DO SMED NA INDÚSTRIA DE PAPELÃO ONDULADO

SETUP OPTIMIZATION IN A FLEXOGRAPHIC PRINTER: APPLICATION OF SMED IN THE CORRUGATED CARDBOARD INDUSTRY

Camilly Fátima Mosená¹, Fabiana Tais Voltolinz Dresch², Leandro Hupalo^{3*}

^{1,2,3*}Universidade do Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP), Fraiburgo, Santa Catarina, Brasil

¹camilymosena13@gmail.com ²fabiana.tais@uniarp.edu.br ^{3*}leandrohupalo.lh@gmail.com

*Autor Correspondente: Hupalo, L.

RESUMO: A competitividade industrial exige a eliminação de desperdícios, tornando a gestão do tempo de setup um fator crítico de eficiência produtiva. Este estudo teve como objetivo reduzir o tempo de preparação de uma impressora flexográfica em uma indústria de embalagens de papelão ondulado em Santa Catarina. Metodologicamente, trata-se de uma pesquisa aplicada e descritiva, conduzida por meio de um estudo de caso com abordagem mista, utilizando observação direta e cronoanálise. Foram testadas hipóteses sobre a segregação de atividades internas e externas, reorganização do layout físico e padronização operacional. A aplicação da metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED), aliada ao uso de kits de preparação antecipada, reduziu o tempo médio de setup de 22 minutos e 10 segundos para 9 minutos e 10 segundos, representando uma queda de 59%. Todas as hipóteses foram validadas, confirmando que a organização logística e a padronização de procedimentos são determinantes para a estabilidade do processo. O trabalho contribui para a literatura de *Lean Manufacturing* ao evidenciar a aplicabilidade prática do SMED em ambientes de alta customização produtiva.

PALAVRAS-CHAVE: SMED; *Lean Manufacturing*; Eficiência Operacional; Cronoanálise.

ABSTRACT: Industrial competitiveness demands the elimination of waste, making setup time management a critical factor for productive efficiency. This study aimed to reduce the preparation time of a flexographic printer in a corrugated cardboard packaging industry in Santa Catarina. Methodologically, it is an applied and descriptive research, conducted through a case study with a mixed approach, using direct observation and time analysis. Hypotheses regarding the segregation of internal and external activities, physical layout reorganization, and operational standardization were tested. The application of the *Single Minute Exchange of Die* (SMED) methodology, combined with the use of advance preparation kits, reduced the average setup time from 22 minutes and 10 seconds to 9 minutes and 10 seconds, representing a 59% decrease. All hypotheses were validated, confirming that logistical organization and the standardization of procedures (SOPs) are determinant for process stability. The work contributes to the *Lean Manufacturing* literature by evidencing the practical applicability of SMED in environments of high productive customization.

KEYWORDS: SMED; *Lean Manufacturing*; Operational Efficiency; Time Study.

1. INTRODUÇÃO

A competitividade no cenário industrial contemporâneo exige que as organizações busquem incessantemente a eficiência operacional, eliminando desperdícios que não agregam valor ao produto final. Neste contexto, a gestão da produção se torna um diferencial estratégico, onde a capacidade de responder rapidamente às demandas do mercado é fundamental para a sobrevivência da empresa. Conforme apontam Desai, Rawani e Loya (2019), a vantagem competitiva é construída por meio de operações que otimizam recursos e tempo, sendo crucial para a indústria moderna a redução de custos operacionais sem o comprometimento da qualidade. A relevância dessa abordagem é corroborada por Fonda e Meneghetti (2022), que evidenciam a importância da eliminação de desperdícios como uma maneira de melhorar tanto a eficiência quanto a sustentabilidade dentro da cadeia de produção.

No setor de embalagens, especificamente no processo de impressão flexográfica, o tempo de paradas de máquina para troca de pedidos, conhecido como setup, representa um dos maiores gargalos produtivos. A ociosidade dos equipamentos durante essas trocas impacta diretamente a lucratividade e o cumprimento dos prazos de entrega. A filosofia *Lean Manufacturing* identifica essas paradas como desperdícios a serem combatidos. Segundo Runtuk (2021), a eliminação de perdas é fundamental para o Sistema Toyota de Produção, enfatizando a necessidade de racionalização dos processos e maximização do fluxo de valor. Adicionalmente, um estudo de Haddad (2021) evidencia que a organização apropriada do layout físico pode diminuir os gargalos de produção e facilitar a eficiência operacional, reforçando a ideia de que uma estrutura adequada é essencial para evitar interrupções no processo produtivo.

Para mitigar esses impactos, a metodologia *Single Minute Exchange of Die* (SMED), ou Troca Rápida de Ferramenta, apresenta-se como uma ferramenta eficaz, propondo a conversão de atividades internas (feitas com a máquina parada) em externas (feitas com a máquina em funcionamento). Runtuk (2021) destaca que o sucesso na redução do tempo de setup não depende apenas de melhorias tecnológicas, mas fundamentalmente da reorganização do trabalho e da padronização de procedimentos, permitindo que a transição entre lotes produtivos ocorra de maneira fluida e ágil. A implementação do SMED, como apresentado na pesquisa de Amaral et al. (2023), mostra potencial significativo na redução do tempo de troca em ambientes de produção, evidenciando como a aplicação de ferramentas Lean pode traduzir-se em ganhos de eficiência.

Desta forma, o objetivo geral deste estudo é analisar o processo de setup de uma impressora flexográfica em uma indústria de embalagens de papelão ondulado, visando a redução do tempo de preparação de máquinas através da aplicação da metodologia SMED. Para tanto, os objetivos específicos compreendem: (a)

diagnosticar a situação atual do tempo de setup através de cronoanálise; (b) identificar as falhas e gargalos no processo produtivo durante a troca de pedidos de 2 para 4 cores; e (c) propor melhorias no layout e na padronização das atividades dos operadores para otimizar o fluxo de trabalho. A pesquisa de Carvalho e Oliveira (2024) sobre a otimização de layouts para aumentar a eficiência operacional reforça a necessidade de um planejamento cuidadoso do espaço de trabalho para maximizar a produtividade.

Para guiar esta investigação, estabelecem-se as seguintes hipóteses de pesquisa: (H1) a separação clara entre atividades de setup interno e externo, com a preparação antecipada de clichês e tintas, é capaz de reduzir o tempo de máquina parada em mais de 40%; (H2) a reorganização do layout físico e a aproximação das ferramentas do local de uso eliminam movimentações desnecessárias dos operadores, contribuindo para a redução da fadiga e do tempo total da operação; e (H3) a padronização dos procedimentos operacionais (POPs) durante a troca de serviço aumenta a previsibilidade do processo e estabiliza a capacidade produtiva da impressora flexográfica. A importância dessas variáveis para a produtividade é reiterada por estudos que mostram que a implementação de ergonomia e eficiência nos processos pode levar a melhorias significativas tanto em desempenho quanto em bem-estar dos trabalhadores (Reza et al., 2020).

A justificativa deste estudo transcende o ganho financeiro imediato da organização, alinhando-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). A pesquisa conecta-se diretamente ao ODS 9 (Indústria, inovação e infraestrutura), ao promover a modernização de processos industriais para torná-los mais eficientes e sustentáveis, e ao ODS 12 (Consumo e produção responsáveis), uma vez que a redução do tempo de setup e a eliminação de desperdícios de matéria-prima (tintas e papelão durante testes) fomentam o uso eficiente dos recursos naturais e a redução da geração de resíduos industriais. A importância de alinhar práticas industriais eficientes com uma abordagem sustentável é respaldada por Fonda e Meneghetti (2022), que apontam como as práticas Lean podem contribuir significativamente para a performance ambiental das empresas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A busca pela competitividade industrial tem sido um fenômeno que impulsionou o desenvolvimento de filosofias de produção focadas na eliminação de desperdícios e na otimização de fluxos produtivos. O Sistema Toyota de Produção, conhecido como *Lean Manufacturing* (Manufatura Enxuta), surgiu como uma resposta à rigidez da produção em massa. De acordo com Desai, Rawani e Loya (2019), a essência desse

sistema reside na total eliminação de desperdícios (Muda), que são definidos como qualquer atividade que consome recursos sem criar valor para o cliente final. Este enfoque é corroborado por estudos mais recentes, como o de Fonda e Meneghetti (2022), que discutem a importância de uma abordagem centrada no ser humano no contexto *Lean*, afirmando que o foco nos trabalhadores pode maximizar os benefícios do *Lean*.

A eficiência operacional, sob a perspectiva Lean, está intimamente relacionada à capacidade de um sistema produtivo responder rapidamente às variações na demanda. Runtuk (2021) destaca que a velocidade com que um sistema se adapta é um pilar fundamental para a eficiência. A redução de tempos de ciclo e de setup não é apenas uma métrica técnica; é, conforme Haddad (2021), um indicador financeiro que impacta diretamente o capital de giro e a flexibilidade da planta industrial. A estabilidade dos processos é, assim, um pré-requisito essencial para qualquer iniciativa de melhoria contínua.

Um dos maiores obstáculos à flexibilidade industrial é o tempo elevado de setup, conforme identificado por Desai, Rawani e Loya (2019). O setup refere-se ao tempo perdido entre a finalização de um lote e o início de outro, e a metodologia SMED foi desenvolvida especificamente para reduzir esses tempos a um dígito de minutos. Esta abordagem é apoiada por diversas pesquisas, como a de Runtuk (2021), que revisa a aplicação do SMED em indústrias indianas, demonstrando sua eficácia em diversos setores.

O processo de troca de ferramentas, quando analisado sob a lógica do SMED, pode ser compreendido como uma sequência estruturada de etapas que começam pelo mapeamento detalhado do estado atual. Nessa fase, registra-se cada atividade executada durante o *setup*, com seus respectivos tempos, a fim de identificar quais tarefas compõem o tempo total de parada e onde estão os principais gargalos (Cimino; Nascimento, 2025). Esse diagnóstico inicial é decisivo porque permite visualizar o fluxo real da troca, reconhecer redundâncias e separar atividades que podem ser realocadas para fora da máquina, sem comprometer a continuidade da produção (Parisotto; Pacheco, 2016).

Na sequência, ocorre a classificação das operações em internas e externas, que é o núcleo metodológico do SMED. As atividades internas são aquelas que só podem ser realizadas com a máquina parada, enquanto as externas podem ser executadas com o equipamento em funcionamento (Oliveira; Costa; Lima, 2020). A partir dessa distinção, busca-se transferir o máximo possível de ações internas para a condição externa, por meio de padronização, reorganização do *layout*, preparação prévia de ferramentas e materiais e uso de dispositivos auxiliares. Essa mudança reduz de forma significativa o tempo de inatividade e amplia a eficiência operacional, com impacto direto sobre o desempenho do processo (Rosa et al., 2017).

Por fim, as etapas de otimização interna, padronização e verificação de resultados consolidam os ganhos obtidos nas fases anteriores. Mesmo após a conversão do maior número possível de tarefas para externas, ainda permanecem atividades internas que precisam ser simplificadas e executadas com maior agilidade (Menezes; Santiago, 2023). Nesse contexto, a padronização de procedimentos, checklists e rotinas de conferência torna-se essencial para garantir repetibilidade, estabilidade e sustentabilidade dos resultados. Além de reduzir o tempo de setup, essa prática contribui para melhorias em indicadores como OEE, lead time e fluxo de produção, fortalecendo a aplicação do SMED como ferramenta de ganho contínuo (Freires et al., 2023).

Desai, Rawani e Loya (2019) igualmente distinguem duas categorias críticas no processo de setup: as operações internas, que apenas podem ser realizadas com a máquina parada, e as externas, que podem ser executadas com a máquina em funcionamento. A literatura revela que um erro comum nas indústrias é a confusão dessas duas categorias, resultando em ineficiências significativas (Amaral et al., 2023). A metodologia SMED segue uma sequência lógica para otimizar esse processo, envolvendo a separação e conversão de atividades internas em externas (Desai; Rawani; Loya, 2019). Este procedimento reduz drasticamente o tempo de parada, minimizando a necessidade de investimentos pesados em automação, o que é reforçado por Carvalho e Oliveira (2024) ao discutirem a reformulação de processos em ambientes dinâmicos.

Aplicando esses conceitos à indústria de embalagens de papelão ondulado, observa-se que essa área enfrenta demandas customizadas e prazos de entrega curtos. De acordo com a Associação Brasileira do Papelão Ondulado (ABPO, 2018), o papelão é um material essencial para o transporte e proteção de produtos, exigindo adaptações constantes nas fábricas para atender especificações variadas. Nesse sentido, a flexografia, o processo central neste setor, apresenta desafios significativos de setup, onde a troca de clichês e ajustes manuais ainda predominam. A aplicação da metodologia SMED neste contexto pode ser particularmente impactante devido à natureza complexa dos setups flexográficos, que envolvem variáveis como tensão e viscosidade de tinta (Amaral et al., 2023).

Assim, é evidente que a conexão entre *Lean Manufacturing* e flexografia se potencializa através do SMED. A natureza dos processos flexográficos, com suas múltiplas possibilidades de ajuste, torna-se terreno fértil para a aplicação de técnicas que buscam a otimização do tempo ocioso (Reza et al., 2020). A padronização de processos de lavagem e a preparação de materiais antecipadamente são ações que atacam diretamente as raízes do desperdício, conforme indicado por Ohno (Desai; Rawani; Loya, 2019), e são essenciais para transformar tempo não produtivo em tempo produtivo.

Em suma, a competitividade na indústria de papelão não depende apenas da velocidade de impressão das máquinas, mas, fundamentalmente, da inteligência aplicada nos momentos em que elas não estão operando. Uma gestão eficaz do setup transforma esse tempo ocioso em produção efetiva, corroborando a premissa de que a organização do trabalho é tão vital quanto a tecnologia empregada (Vilela et al., 2020). A necessidade de inovação e eficiência, portanto, requer uma linha de pensamento que una os fundamentos do Lean com as especificidades das operações atuais no setor de papel e embalagem.

A análise integrada dos teóricos apresentados no Quadro 1 evidencia que a eficiência na indústria de embalagens não depende exclusivamente de tecnologias modernas, mas fundamentalmente da gestão inteligente dos processos. O arcabouço teórico confirma que a competitividade está atrelada à capacidade de minimizar "tempos mortos" através da metodologia SMED, devidamente adaptada às especificidades da flexografia. Essa convergência entre a filosofia de eliminação de desperdícios e a sistematização da troca rápida de ferramentas constitui o alicerce científico indispensável para esta pesquisa. Tais fundamentos sustentam as intervenções práticas de melhoria que serão detalhadas na sequência, no estudo de caso realizado.

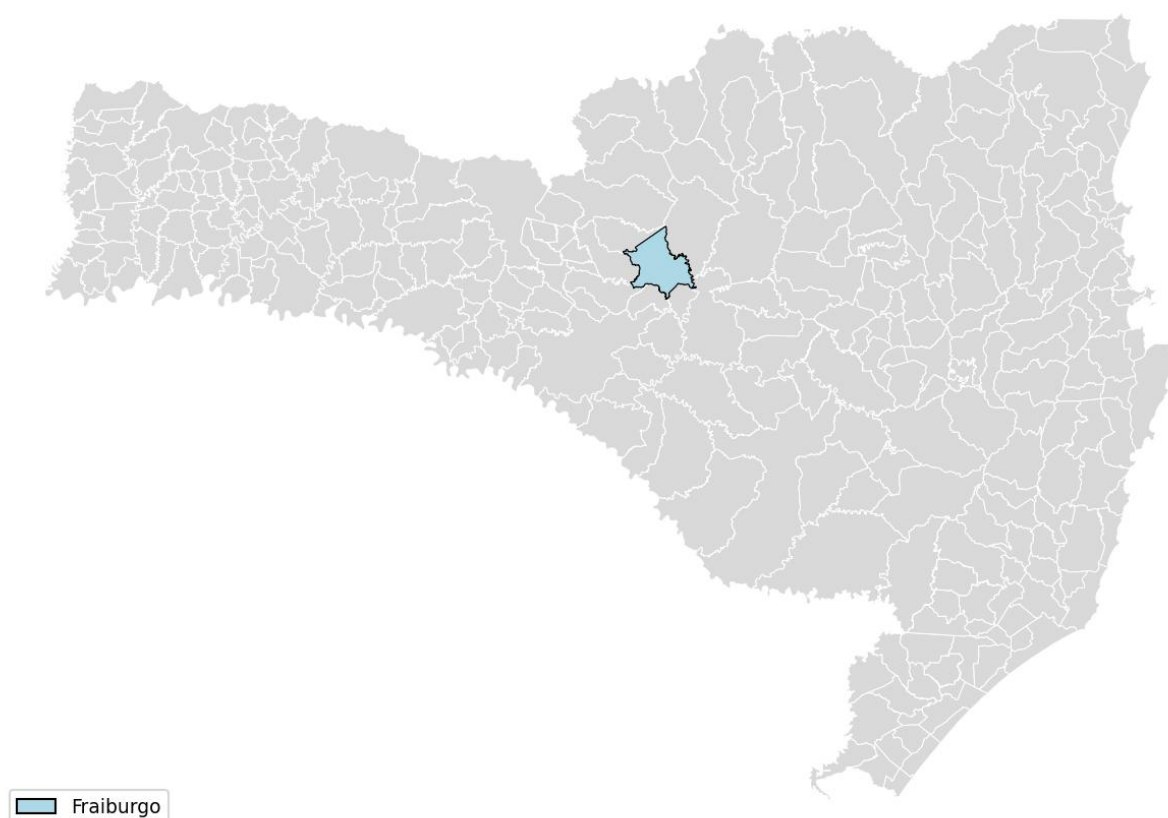
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto à sua natureza, esta pesquisa classifica-se como aplicada, pois objetiva gerar conhecimentos dirigidos à solução de problemas específicos, neste caso, a redução do tempo de setup (Gil, 2010). Do ponto de vista dos objetivos, o estudo é exploratório e descritivo, proporcionando maior familiaridade com o problema e descrevendo as características do processo produtivo (Vergara, 2000). A abordagem adotada é mista, combinando a interpretação qualitativa dos fenômenos observados no chão de fábrica com a mensuração quantitativa dos tempos de operação. O procedimento técnico escolhido foi o estudo de caso (Gil, 2010), estratégia que permite uma análise profunda e detalhada de um objeto singular dentro de seu contexto real. Tal delineamento metodológico é fundamental para compreender as nuances operacionais e validar as hipóteses levantadas sobre a eficiência do processo produtivo na indústria de embalagens.

O presente estudo de caso foi conduzido em uma unidade industrial do setor de embalagens de papelão ondulado, estrategicamente localizada no município de Fraiburgo, na região do Meio-Oeste do estado de Santa Catarina. Conforme os dados demográficos mais recentes do Censo de 2022 (IBGE, 2023), o município possui uma população residente de 36.585 habitantes e destaca-se por um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,731, classificado na faixa de alto desenvolvimento humano. No cenário econômico, Fraiburgo demonstrou robustez ao registrar um Produto Interno Bruto (PIB) a preços correntes de aproximadamente R\$

1,88 bilhão no ano de 2021. Estes indicadores socioeconômicos refletem uma matriz produtiva em plena transição e expansão: embora o município seja historicamente reconhecido nacionalmente pela pomicultura, observa-se uma significativa diversificação das atividades econômicas, com um fortalecimento expressivo do setor industrial de transformação. É neste contexto de crescimento e profissionalização industrial que a organização objeto deste estudo está inserida, conforme ilustra a Figura 1, que apresenta a localização geográfica da empresa.

Figura 1 – Localização geográfica da empresa



Fonte: os autores (2026).

A empresa, com trajetória consolidada no mercado regional, atua na fabricação de caixas e acessórios de papelão para diversos segmentos, desde o alimentício até o industrial. A unidade fabril conta com diversos equipamentos de conversão, sendo o objeto específico desta análise (a amostra intencional) uma impressora flexográfica rotativa da marca BOBST (modelo FFG 924 NT D), representada na Figura 2, selecionada por ser um recurso crítico no fluxo produtivo e apresentar variações significativas nos tempos de troca de pedidos, impactando o desempenho global da linha de produção.

Figura 2 – Impressora flexográfica rotativa BOBST



Fonte: BOBST (2025, p. 7).

Para a coleta de dados, utilizou-se a técnica de observação direta intensiva aliada à cronoanálise. Inicialmente, realizou-se o acompanhamento in loco das rotinas dos operadores durante o processo de setup, registrando-se passo a passo as atividades executadas na transição de pedidos, especificamente na mudança de trabalhos de 2 para 4 cores entre janeiro e maio de 2025. Foram utilizadas planilhas de apontamento para a cronometragem dos tempos de cada tarefa (retirada de clichês, lavagem de tinteiros, ajuste de máquina), além da análise documental de ordens de produção e registros históricos de desempenho da máquina para estabelecer uma linha de base (baseline) do processo atual.

A análise dos dados dividiu-se em duas etapas: diagnóstica e propositiva. Na primeira fase, os tempos cronometrados foram tabulados para identificar gargalos e segregar as atividades de setup em internas (máquina parada) e externas (máquina em movimento), seguindo rigorosamente a metodologia SMED. Na segunda fase, propositiva, novas medições foram realizadas após a implementação das melhorias e a padronização dos processos. Os resultados obtidos foram tratados através de estatística descritiva, permitindo a construção de gráficos comparativos e quadros percentuais que evidenciam, de forma clara, a eficácia das intervenções práticas realizadas na redução dos tempos de preparação da impressora.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Diagnóstico do cenário inicial e identificação de perdas

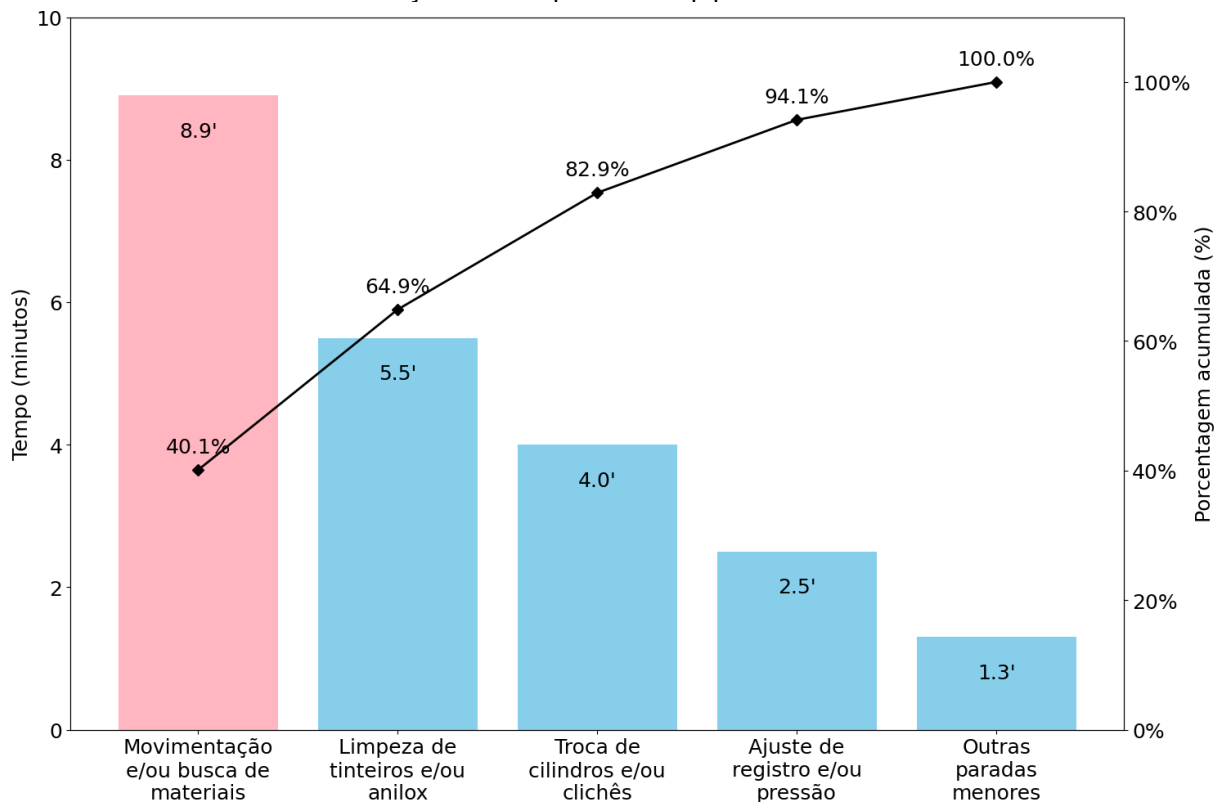
O estudo iniciou-se com a observação direta e a cronometragem do processo de setup na impressora flexográfica, especificamente na troca de pedidos que exigia a alteração de 2 para 4 cores. O cenário encontrado revelou um processo não padronizado, onde cada operador realizava a troca conforme sua própria experiência, gerando variabilidade nos tempos. A média inicial registrada foi de 22 minutos e 10 segundos, um tempo que, à luz de Runtuk (2021), comprometia a capacidade do sistema produtivo de responder rapidamente às variações de demanda, afetando a eficiência operacional da planta.

A análise detalhada demonstrou que grande parte do tempo de máquina parada

era consumido por atividades passíveis de externalização. Operadores interrompiam o ajuste para buscar insumos em locais distantes, uma movimentação desnecessária que configura o desperdício (Muda) clássico apontado por Desai, Rawani e Loya (2019). Além disso, essa mistura de tarefas observada confirma o diagnóstico de Amaral et al. (2023), que apontam a confusão entre operações internas e externas como a principal causa de ineficiência em setups de flexografia, dada a complexidade de variáveis como tintas e clichês.

O Gráfico 1 apresenta a estratificação dos tempos de setup por atividade no cenário inicial.

Gráfico 1 – Estratificação dos tempos de setup por atividade no cenário inicial



Fonte: os autores (2026).

A análise do Gráfico 1 permite visualizar que aproximadamente 40% do tempo total era dedicado a deslocamentos. Esse diagnóstico corrobora a necessidade de intervenção física, validando a segunda hipótese (H2). A desorganização do layout gerava não apenas perda de tempo, mas desgaste físico excessivo, indo na contramão do que propõem Fonda e Meneghetti (2022), que defendem uma abordagem *Lean* centrada no ser humano. A fadiga gerada pelo ambiente desorganizado impedia que os operadores maximizassem seu potencial técnico durante a troca.

Adicionalmente, a limpeza improvisada dos tinteiros gerava retrabalho. Esse cenário de instabilidade reforçou a necessidade de padronização, elemento central para a terceira hipótese (H3). Sem a estabilidade do processo, conforme alerta Haddad

(2021), qualquer iniciativa de melhoria seria insustentável, pois a variabilidade continuaria a impactar negativamente o capital de giro da empresa através da perda de insumos e tempo.

4.2 Implementação das melhorias via metodologia SMED

A intervenção seguiu rigorosamente os estágios propostos por Desai, Rawani e Loya (2019): separação e conversão de setup interno em externo. A criação do "Kit de Setup" garantiu que a mistura de tintas e a montagem dos clichês ocorressem com a máquina em funcionamento, atacando a raiz do problema diagnosticado.

Para suportar essa mudança, a introdução de carrinhos de apoio móveis alterou a dinâmica do trabalho. Essa solução de baixo custo e alto impacto exemplifica perfeitamente a visão de Carvalho e Oliveira (2024), que discutem a reformulação de processos em ambientes dinâmicos sem a necessidade de investimentos pesados em automação. A inovação, neste caso, residiu na inteligência do processo e não na compra de novos equipamentos.

O Quadro 2 apresenta um comparativo do fluxo de trabalho entre o processo antigo e o novo processo (SMED).

Quadro 2 – Comparativo do fluxo de trabalho entre o processo antigo e o novo processo (SMED)

Etapa	Processo antigo	Novo processo	Status da melhoria
Planejamento	Inexistente; operador descobria o próximo pedido apenas ao terminar o atual.	Antecipado; ordem de produção verificada enquanto a máquina ainda roda.	Otimizado
Preparação de tintas	Mistura e acerto de cor feitos com a máquina parada.	Tintas misturadas e viscosidade acertada externamente (setup externo).	Convertido em externo
Ferramentas e clichês	Busca em armários/almojarifado após a parada (deslocamentos).	"Kit de Setup" posicionado ao lado da máquina antes da parada.	Eliminou deslocamento
Limpeza (tinteiros/anilox)	Improvisada; sem padrão; gerava retrabalho.	Padronizada via POP; uso de ferramentas específicas no carrinho.	Padronizado
Ajuste de máquina	Tentativa e erro; dependia da "mão" do operador.	Parâmetros pré-definidos; ajuste fino mais rápido e assertivo.	Estabilizado
Movimentação do operador	Intensa (idas e vindas ao almojarifado).	Mínima (foco apenas na troca técnica na frente da máquina).	Ergonômico

Fonte: os autores (2026).

O Quadro 2 demonstra a racionalização do trabalho. Ao eliminar as idas e vindas, o foco do operador tornou-se exclusivamente técnico. A elaboração de procedimentos operacionais padrão (POPs) visuais e o treinamento da equipe transformaram a "regra escrita" em cultura organizacional. Essa ação está em consonância com Vilela et al. (2020), que afirmam que a organização do trabalho é tão vital quanto a tecnologia empregada. A padronização garantiu que a metodologia SMED se tornasse uma prática diária, e não apenas um evento isolado. A melhoria também abrangeu o ajuste fino da máquina. Com ferramentas adequadas, a regulagem de pressão e registro, variáveis críticas citadas por Amaral et al. (2023), tornou-se mais assertiva, reduzindo o desperdício de substrato (papelão) durante os testes de início de produção.

As melhorias implementadas no processo de setup concentraram-se na reorganização do layout, na padronização das atividades e na redistribuição das funções entre operador e ajudantes. A análise inicial mostrou que havia deslocamentos excessivos, busca de materiais em locais distantes, execução improvisada de algumas tarefas e mistura entre atividades internas e externas. Com base nesse diagnóstico, foi criado um kit de setup posicionado ao lado da máquina, permitindo que tintas, clichês, formas e ferramentas ficassem disponíveis antes da parada do equipamento, o que reduziu deslocamentos e eliminou parte do tempo improdutivo.

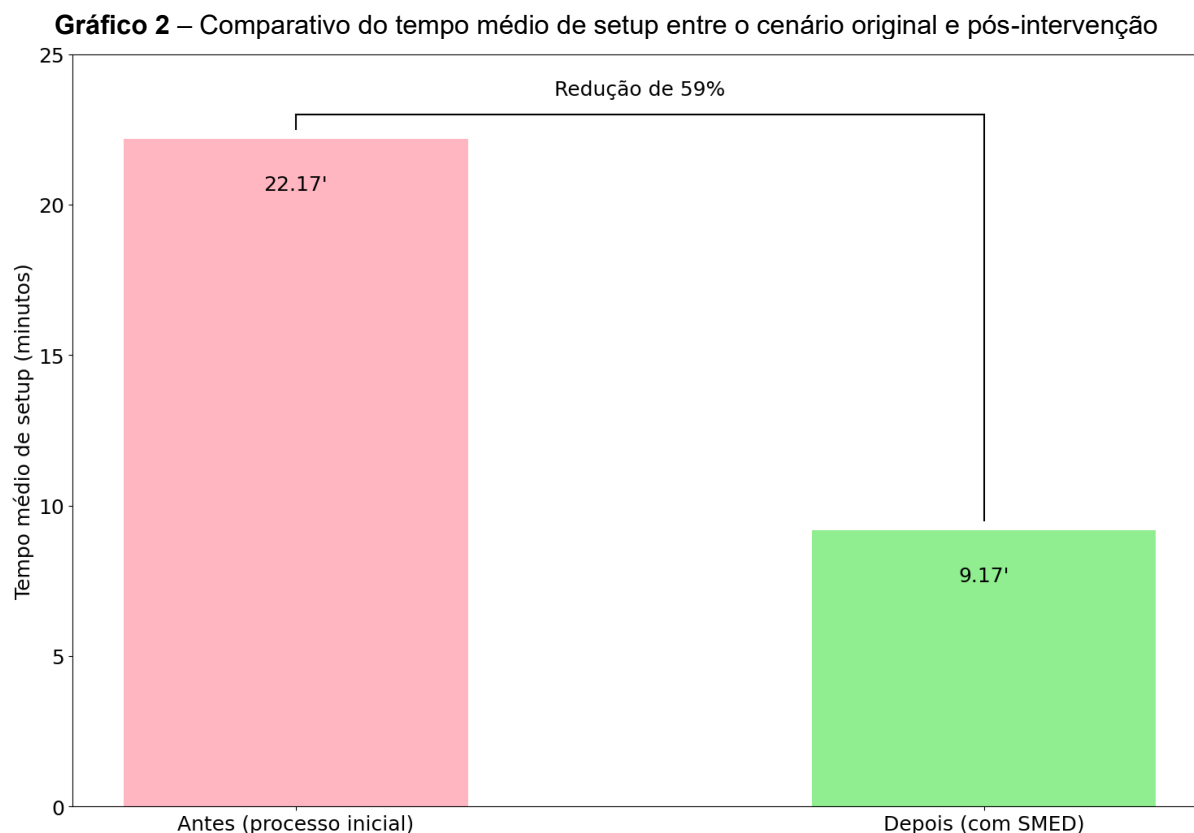
Além da reorganização física do posto de trabalho, foi adotado um procedimento padronizado de execução, com uso de POPs e ferramentas específicas para limpeza e ajuste. Essa mudança reduziu a dependência da experiência individual do operador, diminuiu a variabilidade entre os setups e tornou a sequência de atividades mais previsível. Também houve um realinhamento das funções: o operador passou a concentrar-se nas tarefas técnicas de ajuste e conferência, enquanto os ajudantes assumiram etapas de preparação, troca de tintas e clichês, permitindo melhor paralelização das ações.

Como resultado, o fluxo de trabalho tornou-se mais contínuo, com menos idas e vindas ao almoxarifado, menor ociosidade entre as etapas e melhor aproveitamento do tempo de máquina. A preparação antecipada de insumos e a organização do layout contribuíram para transformar parte do setup interno em externo, alinhando o processo aos princípios do SMED. Em termos práticos, isso significou redução de esforço físico, maior agilidade na troca e maior estabilidade operacional, elementos que sustentam a melhoria obtida no tempo total de setup.

4.3 Análise comparativa e validação das hipóteses

A nova bateria de cronoanálises registrou um tempo médio de 9 minutos e 10 segundos, ou seja, uma redução absoluta de 13 minutos (queda de aproximadamente 59%) em comparação ao cenário inicial de 22 minutos e 10 segundos.

O Gráfico 2 apresenta um comparativo do tempo médio de setup entre o cenário original e pós-intervenção.



Fonte: os autores (2026).

O resultado apontado no Gráfico 2 valida integralmente a primeira hipótese (H1), superando a estimativa inicial de 40%. O dado confirma a eficácia do SMED na indústria de embalagens analisada, alinhando-se aos achados de Reza et al. (2020) sobre a otimização de tempos ociosos em processos complexos. A redução drástica do tempo de parada impacta diretamente a flexibilidade da planta, permitindo, como sugerem Runtuk (2021), que a empresa aceite lotes menores e mais frequentes sem perda de eficiência.

A segunda hipótese (H2) foi confirmada pela melhoria ergonômica e satisfação da equipe. A eliminação de deslocamentos desnecessários validou a perspectiva de Fonda e Meneghetti (2022): ao focar no bem-estar e na facilidade de trabalho do operador (através dos carrinhos e kits), a eficiência do sistema como um todo aumentou.

Por fim, a terceira hipótese (H3) foi validada pela redução do desvio padrão nos tempos coletados. A padronização do quê? eliminou a variabilidade excessiva, tornando o processo previsível. Essa estabilidade não é apenas um ganho técnico, mas

financeiro, pois, conforme Haddad (2021), processos estáveis reduzem custos operacionais e melhoram a gestão do capital de giro. O estudo comprova que, na indústria de papelão ondulado, a gestão inteligente do setup é o diferencial competitivo para lidar com a customização em massa (ABPO, 2018).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo atingiu seu objetivo geral ao analisar e otimizar o processo de troca de pedidos em uma impressora flexográfica, demonstrando a viabilidade técnica da redução de tempos improdutivos no setor de embalagens analisada. A pesquisa diagnosticou que a mistura de atividades de preparação com a máquina parada era a causa raiz da baixa eficiência, confirmando a relevância da intervenção baseada na filosofia *Lean Manufacturing*. A metodologia adotada permitiu não apenas mensurar o problema, mas implementar uma solução de baixo custo e alto impacto operacional.

Quanto às hipóteses levantadas, todas foram validadas pelos resultados empíricos. A primeira hipótese (H1) confirmou-se com a redução de 59% no tempo de setup através da externalização de atividades. A segunda hipótese (H2) foi validada pela reorganização do layout e uso de carrinhos de apoio, que eliminaram deslocamentos desnecessários e fadiga dos operadores. A terceira hipótese (H3) comprovou-se pela estabilização dos tempos cronometrados após a implantação dos POPs, garantindo a previsibilidade do processo produtivo.

Os principais achados deste trabalho transcendem a métrica temporal. A redução de 13 minutos por setup representa um ganho direto de capacidade produtiva, permitindo à empresa absorver mais pedidos sem investir em novos equipamentos. A contribuição prática reside na demonstração de que a inteligência de processos (organizar antes de executar) supera a necessidade de automação complexa em um primeiro momento. Academicamente, o estudo reforça a universalidade do SMED, aplicando-a com sucesso às especificidades da flexografia.

Como limitações, aponta-se que este estudo de caso restringiu-se a uma única máquina e a um tipo específico de troca (2 para 4 cores), não permitindo a generalização imediata para todos os equipamentos da planta. Para trabalhos futuros, sugere-se a expansão da metodologia para as demais impressoras da fábrica e a realização de uma análise financeira detalhada de retorno sobre o investimento (ROI) para quantificar o retorno monetário das horas-máquina economizadas, bem como a integração de sensores IoT para monitoramento de setup em tempo real.

AGRADECIMENTO

À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC) “Edital 19/2024”.

DECLARAÇÃO DE USO DE IA

O presente trabalho utilizou ferramentas de Inteligência Artificial para auxílio na revisão gramatical, estruturação lógica de parágrafos e refinamento da redação acadêmica. A concepção da pesquisa, a coleta de dados, as análises técnicas e as conclusões apresentadas são de autoria exclusiva e responsabilidade intelectual dos autores.

REFERÊNCIAS

ABPO. Associação Brasileira de Papelão Ondulado. **Manual de controle de qualidade**: embalagem de papelão ondulado. 6ª ed. São Paulo: ABPO, 2018.

AMARAL, Menfey Almeida et al. Aplicação de ferramentas SMED para impulsionar melhorias no tempo de setup em empresas do setor de cuidados pessoais. **Revista Foco**, v. 16, n. 9, p. e2408-e2408, 2023. DOI: 10.54751/revistafoco.v16n9-023. Disponível em: <https://ojs.focopublicacoes.com.br/foco/article/view/2408>. Acesso em: 16 fev. 2026.

BOBST. **Flexo Folder Gluer**. Suíça: 2025. Disponível em: https://www.bobst.com/fileadmin/user_upload/Products/PG_Flexo-rotary_diecutting/Brochures/FFG_924_NT_PRODUCTIVITY_BROCHURE.pdf. Acesso em: 25 out. 2025.

CARVALHO, Eric Costa; OLIVEIRA, Lucas de. Reformulação do modelo de precificação de uma indústria de plástico flexível. **Revista Produção Online**, v. 24, n. 1, p. 5238-5238, 2024. DOI: 10.14488/1676-1901.v24i1.5238. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/5238>. Acesso em: 16 fev. 2026.

CIMINO, Carolina P.; NASCIMENTO, Deyvison R. Revisão bibliográfica sobre a Indústria 4.0: Impactos das tecnologias contemporâneas nas indústrias automotivas brasileiras e suas implicações para otimização de processos. **Revista Espacios**, v. 46, n. 3, p. 207-218, 2025. DOI: 10.48082/espacios-a25v46n03p16. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a25v46n03/25460316.html>. Acesso em: 28 mar. 2026.

DESAI, Mukesh Shyamkant; RAWANI, A. M.; LOYA, M. I. M. Applications of Single Minute Exchange of Die in Indian Industries: Literature Review. **Journal of Production Technology and Management (IJPTM)**, v. 10, n. 2, p. 1-8, 2019. DOI: 10.34218/IJPTM.10.2.2019.001. Disponível em: <https://doi.org/10.34218/IJPTM.10.2.2019.001>. Acesso em: 16 fev. 2026.

FONDA, Edoardo; MENEGHETTI, Antonella. The human-centric SMED. **Sustainability**, v. 14, n. 1, p. 514, 2022. DOI: 10.3390/su14010514. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/1/514>. Acesso em: 16 fev. 2026.

FREIRES, Vitória de Melo et al. Aplicação de SMED com suporte de simulação computacional para redução de tempo de setup de uma máquina rebobinadeira. **Revista Produção Online**, v. 23, n. 1, p. 4876-4876, 2023. DOI: 10.14488/1676-1901.v23i1.4876. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/4876>. Acesso em: 28 mar. 2026.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2010.

HADDAD, Tamer. Improving overall equipment effectiveness (OEE) of extrusion machine using lean manufacturing approach. **Manufacturing Technology**, 2021. DOI: 10.21062/mft.2021.006. Disponível em: https://journalmt.com/artkey/mft-202101-0006_improving-overall-equipment-effectiveness-oeef-of-extrusion-machine-using-lean-manufacturing-approach.php. Acesso em: 16 fev. 2026.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados**: Fraiburgo, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/fraiburgo.html>. Acesso em: 15 mai. 2025.

MENEZES, Maurício Lima de; SANTIAGO, Sandro Breval. Aplicação da metodologia SMED para redução do tempo total de setup em uma indústria de fabricação de pneus: estudo de caso para implementação em extrusora de borracha. **Revista de Gestão e Secretariado**, v. 14, n. 5, p. 8378-8391, 2023. DOI: 10.7769/gesec.v14i5.2217. Disponível em: <https://ojs.revistagesec.org.br/secretariado/article/view/2217>. Acesso em: 28 mar. 2026.

OLIVEIRA, André Luiz Gazoli de; COSTA, Sérgio Eduardo Gouvêa da; LIMA, Edson Pinheiro de. Um panorama brasileiro sobre a implementação de estratégias de manufatura. **Revista Produção Online**, v. 20, n. 1, p. 149-171, 2020. DOI: 10.14488/1676-1901.v20i1.3429. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/3429>. Acesso em: 28 mar. 2026.

PARISOTTO, Cassio; PACHECO, Diego Augusto de Jesus. Método SMED: Análise e aperfeiçoamento. **Dirección y Organización**, p. 4-23, 2016. DOI: 10.37610/dyo.v0i60.495. Disponível em: <https://revistadyo.es/DyO/index.php/dyo/article/view/495>. Acesso em: 28 mar. 2026.

REZA, Jose Roberto Diaz et al. SMED: A literature review from 1985 to 2015. **Sustainable Business: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications**, p. 1870-1889, 2020. DOI: 10.4018/978-1-5225-9615-8.ch084. Disponível em: <https://www.igi-global.com/chapter/smed/232880>. Acesso em: 16 fev. 2026.

ROSA, Anna et al. Lean Manufacturing: Uma Abordagem da Aplicação da Ferramenta SMED em Indústria Rumo à Manufatura 4.0. In: Anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção – Enegep. 2017. DOI: 10.14488/ENEGEP2017_TN_STO_238_376_33531. Disponível em: <https://www.abepro.org.br/publicacoes/artigo.asp?e=enegep&a=2017&c=33531>. Acesso em: 28 mar. 2026.

em: 28 mar. 2026.

RUNTUK, Johan Krisnanto. Set up time reduction using single minute exchange of dies (SMED) and 5S: A case study. **JIE Scientific Journal on Research and Application of Industrial System**, v. 6, n. 2, p. 162-171, 2021. DOI: 10.33021/jie.v6i2.3384. Disponível em: <https://e-journal.president.ac.id/index.php/journalofIndustrialEngineerin/article/view/3384>. Acesso em: 16 fev. 2026.

VERGARA, Sylvia. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2000.

VILELA, Flávio Fraga et al. Balanceamento de operações e simulação a eventos discretos: redução da ociosidade dos operadores em uma linha de montagem. **Revista Produção Online**, v. 20, n. 2, p. 472-492, 2020. DOI: 10.14488/1676-1901.v20i2.3842. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/article/view/3842>. Acesso em: 16 fev. 2026.

HISTÓRICO

Recebido em: 17-02-2026

Aprovado em: 26-03-2026

Publicado em: 07-04-2026