

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE BELO JARDIM
CURSO DE ENGENHARIA DE CONTROLE E AUTOMAÇÃO

PEDRO HENRIQUE DE LIMA CHAGAS

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP
EM LINHAS DE ENVASE DA INDÚSTRIA DE TINTAS

Belo Jardim

2026

PEDRO HENRIQUE DE LIMA CHAGAS

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP
EM LINHAS DE ENVASE DA INDÚSTRIA DE TINTAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia de Controle e
Automação da Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
de Controle e Automação.

Orientador: Prof. Dr. Henrique Patriota Alves

Belo Jardim

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário(a): Nubia Matos – CRB-4 2234

C427a

Chagas, Pedro Henrique de Lima.

Aplicação da metodologia SMED para redução do tempo de setup em linhas de envase na indústria de tintas / Pedro Henrique de Lima Chagas. – Belo Jardim, 2026.

45 f.; il.

Orientador(a): Henrique Patriota.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Belo Jardim - UABJ, Bacharelado em Engenharia de Controle e Automação, Belo Jardim, BR-PE, 2026.

Inclui referências.

1. Metodologia (SMED). 2. Setup. 3. Manufatura enxuta. 4. Indústria de tintas 5. OEE - Indicador de desempenho. I. Patriota, Henrique, orient. II. Título

CDD 629.895

PEDRO HENRIQUE DE LIMA CHAGAS

APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SMED PARA REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP
EM LINHAS DE ENVASE DA INDÚSTRIA DE TINTAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao Curso de Engenharia de Controle e
Automação da Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
de Controle e Automação.

Aprovado em: 16/07/2026

BANCA EXAMINADORA

Prof. Henrique Patriota (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. André Luís Silva Barbosa (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. Ailton do Egito Dutra (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

À minha família, pelo apoio incondicional em cada etapa desta jornada. Aos operadores e colaboradores da empresa onde este trabalho foi desenvolvido, cuja disposição e engajamento tornaram possível cada resultado aqui apresentado.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser minha fonte de força, sabedoria e persistência ao longo de toda esta jornada. Sem a Sua presença e amparo, nada disso seria possível.

À minha família, pelo suporte incondicional, pela paciência e pelo incentivo constante ao longo de toda a graduação. Cada conquista aqui alcançada é também de vocês.

Ao Prof. Henrique Patriota, pela orientação dedicada, pela confiança depositada neste trabalho e pelas contribuições que tornaram possível a realização desta pesquisa.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Curso de Engenharia de Controle e Automação, pelo ambiente de formação que me proporcionou a base técnica e científica necessária para a condução deste estudo.

À empresa onde este trabalho foi desenvolvido, na pessoa dos gestores e colaboradores que abriram as portas do chão de fábrica e contribuíram ativamente com dados, observações e sugestões de melhoria.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, meu sincero agradecimento.

"A eficiência não é um acidente. É sempre o resultado de um compromisso com a excelência, do planejamento inteligente e do esforço focado."

(Shigeo Shingo)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo aplicar a metodologia *SMED* — *Single Minute Exchange of Die* — nas linhas de envase de uma indústria de tintas, visando à redução do tempo de *setup* e ao aumento da capacidade produtiva. O estudo foi conduzido nas envasadoras Y e Z da empresa X, com coleta de dados ao longo de 2025 e do primeiro quadrimestre de 2026. A partir do mapeamento e estudo dos tempos das atividades de *setup*, foram identificadas as principais causas do tempo elevado de troca: ausência de padronização, realização de atividades internas que poderiam ser antecipadas, movimentação excessiva dos operadores e oportunidades de melhoria no 5S da área. A implementação das três fases do *SMED*, integrada às ferramentas do *TPM*, resultou na redução do tempo médio de *setup* de 28,51 minutos em 2025 para 22,88 minutos em 2026, representando uma redução de 19,75% e o atingimento consistente da meta organizacional de 25 minutos. Considerando os 1.022 *setups* realizados no quadrimestre, o ganho total foi de 95 horas e 53 minutos, equivalente a 3 dias completos de produção das duas envasadoras, viabilizando 437.400 litros adicionais de capacidade produtiva e um saving financeiro de R\$ 123.522,00 no período, sem qualquer investimento em novos equipamentos ou contratação de pessoas. Os resultados demonstram a aplicabilidade e a efetividade do *SMED* em indústrias de transformação, contribuindo para a expansão do conhecimento sobre a metodologia nesse segmento.

Palavras-chave: *SMED*. *Setup*. *Lean Manufacturing*. Indústria de tintas. Melhoria contínua. *OEE*.

ABSTRACT

This study aims to apply the SMED methodology — Single Minute Exchange of Die — to the filling lines of a paint manufacturing industry, with the objective of reducing setup time and increasing productive capacity. The study was conducted on filling machines Y and Z of company X, with data collected throughout 2025 and the first four months of 2026. Through mapping and time study of setup activities, the main causes of excessive changeover time were identified: lack of standardization, internal activities that could be anticipated, excessive operator movement, and 5S improvement opportunities. The implementation of the three SMED phases, integrated with *TPM* tools, resulted in a reduction of the average setup time from 28.51 minutes in 2025 to 22.88 minutes in 2026, representing a 19.75% reduction and consistent achievement of the organizational target of 25 minutes. Considering the 1,022 setups performed in the four-month period, the total gain was 95 hours and 53 minutes, equivalent to 3 full days of operation of both filling machines, enabling 437,400 additional liters of productive capacity and a financial saving of R\$ 123,522.00 in the period, without any investment in new equipment or personnel. The results demonstrate the applicability and effectiveness of SMED in transformation industries, contributing to the expansion of knowledge about the methodology in this segment.

Keywords: SMED. Setup. Lean Manufacturing. Paint industry. Continuous improvement. OEE.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Fluxograma da metodologia SMED.	21
Figura 3.1 - Fluxograma do processo produtivo.	24
Figura 3.2 - Classificação das atividades e gráfico de Gantt - Op. A (estado anterior).	25
Figura 3.3 - Classificação das atividades e gráfico de Gantt - Op. B (estado anterior).....	26
Figura 3.4 - Classificação das atividades e gráfico de Gantt - Op. C (estado anterior).....	26
Figura 3.5 - Classificação das atividades e gráfico de Gantt - Op. D (estado anterior).	26
Figura 3.6 - Classificação atualizada das atividades - Op. A (após conversão).....	27
Figura 3.7 - Classificação atualizada das atividades - Op. B (após conversão).....	27
Figura 3.8 - Classificação atualizada das atividades - Op. C (após conversão).....	28
Figura 3.9 - Classificação atualizada das atividades - Op. D (após conversão).....	28
Figura 4.1 - Diagrama de espaguete do Op. A - estado anterior à melhoria.	32
Figura 4.2 - Diagrama de espaguete do Op. B - estado anterior à melhoria.....	33
Figura 4.3 - Diagrama de espaguete do Op. C - estado anterior á melhoria.....	33
Figura 4.4 - Diagrama de espaguete doOp. D - estado anterior à melhoria.	34
Figura 4.5 - Diagrama de espaguete - Op. A (estado após a melhoria).....	35
Figura 4.6 - Diagrama de espaguete - Op. B (estado após a melhoria).....	35
Figura 4.7 - Diagrama de espaguete - Op. C (estado após a melhoria).....	36
Figura 4.8 - Diagrama de espaguete - Op. D (estado após a melhoria).....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Tempo médio mensal de setup das envasadoras Y e Z em 2025	31
Tabela 4.1 - Tempo médio mensal de setup das envasadoras Y e Z em 2026 (janeiro a abril).....	37
Tabela 4.2 - Comparativo dos tempos médios de setup antes e após a aplicação do <i>SMED</i> ...	37
Tabela 4.3 - Cálculo do ganho total de horas produtivas.	38
Tabela 4.4 - Cálculo do aumento de capacidade produtiva no quadrimestre.	38
Tabela 4.5 - Projeção anual dos ganhos de capacidade produtiva.....	39
Tabela 4.6 - Composição do custo operacional diário das envasadoras Y e Z.....	40
Tabela 4.7 - Saving financeiro obtido com a aplicação do <i>SMED</i>	40
Tabela 4.8 - Comparativo dos resultados do presente trabalho com estudos da literatura sobre aplicação do <i>SMED</i>	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5S Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke (Programa de organização e limpeza)

ECRS Eliminar, Combinar, Reorganizar, Simplificar

LUP Lição de Um Ponto

OEE Overall Equipment Effectiveness (Eficiência Global dos Equipamentos)

OP Ordem de Produção

POP Procedimento Operacional Padrão

SE Setup Externo

SI Setup Interno

SMED Single Minute Exchange of Die (Troca Rápida de Ferramentas)

STP Sistema Toyota de Produção

TPM Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)

5W2H What, Why, Where, When, Who, How, How Much

GA Gestão Autônoma

LCQ Laboratório de Controle de Qualidade

ODS Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

P&D Pesquisa e Desenvolvimento

PCP Planejamento e Controle da Produção

PSQ Programa Setorial de Qualidade

SKU Stock Keeping Unit

Sumário

Sumário.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO	15
1.2 1.2 JUSTIFICATIVA	15
1.3 OBJETIVOS.....	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 LEAN MANUFACTURING	18
2.2 SETUP E SUA IMPORTÂNCIA NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS	18
2.3 SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE - SMED	19
2.3.1 Origem e Desenvolvimento	19
2.3.2 Conceitos Fundamentais: Atividades Internas e Externas.....	19
2.3.3 As Três Fases da Metodologia SMED	19
2.4 OEE — EFICIÊNCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS.....	21
2.5 APLICAÇÕES DO SMED NA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO	21
3 METODOLOGIA.....	23
3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	23
3.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DO PROCESSO PRODUTIVO.....	23
3.3 ESTRUTURA DA IMPLEMENTAÇÃO	24
3.4 FASE 1 — SEPARAÇÃO DAS ATIVIDADES INTERNAS E EXTERNAS	25
3.5 FASE 2 — CONVERSÃO DE ATIVIDADES INTERNAS EM EXTERNAS.....	27
3.6 FASE 3 — OTIMIZAÇÃO DAS ATIVIDADES	28
3.7 FERRAMENTAS UTILIZADAS	28
3.7.1 Estudo dos tempos	29
3.7.2 Diagrama de Espaguete	29
3.7.3 Plano de Ação 5W2H	29
3.7.4 Procedimento Operacional Padrão (POP)	29
3.8 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS.....	29
3.9 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE SETUP NAS ENVASADORAS Y E Z	30
3.10 LINHA DE BASE: TEMPOS DE SETUP EM 2025.....	31
3.11 IDENTIFICAÇÃO DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIA	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 ANÁLISE DE MOVIMENTAÇÃO — DIAGRAMA DE ESPAGUETE	32

4.2	PADRONIZAÇÃO E SUSTENTABILIDADE DOS RESULTADOS	34
4.3	REDUÇÃO DO TEMPO MÉDIO DE SETUP	37
4.4	GANHO TOTAL DE HORAS PRODUTIVAS	38
4.5	AUMENTO DE CAPACIDADE PRODUTIVA	39
4.6	IMPACTO FINANCEIRO — SAVING	39
4.7	GANHOS COMPLEMENTARES	40
4.8	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	40
5	CONCLUSÃO	42
5.1	CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO	42
5.2	PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	43
6	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A indústria de tintas e revestimentos constitui um dos segmentos mais dinâmicos da indústria de transformação brasileira. Segundo a Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (Abrafati, 2025), o Brasil encerrou o ano de 2024 com um volume recorde de 1,983 bilhão de litros produzidos, consolidando-se como o quarto maior produtor mundial, ao lado de China, Estados Unidos e Índia. Em 2025, o setor superou pela primeira vez a barreira de 2 bilhões de litros (Abrafati, 2026), evidenciando a trajetória de expansão consistente do mercado nacional. Nesse contexto, processos produtivos que exigem flexibilidade para atender à ampla variedade de produtos, cores e viscosidades se tornam determinantes para a competitividade das empresas do setor. As linhas de envase ocupam posição central nessa dinâmica, sendo responsáveis pela etapa final do processo produtivo e, por isso, diretamente relacionadas à capacidade de entrega e ao atendimento ao mercado.

Em ambientes de produção com alta diversidade de itens, as paradas programadas para troca de produto e limpeza de equipamentos, denominadas *setups*, representam uma das principais fontes de perda de disponibilidade dos equipamentos. De acordo com Nakajima (1989), o tempo de *setup* é classificado como uma das seis grandes perdas que afetam a eficiência dos equipamentos industriais, impactando diretamente o indicador *OEE* — *Overall Equipment Effectiveness*. Tais perdas comprometem a produtividade, o custo operacional e a competitividade das organizações, especialmente em indústrias de alta variedade de produtos como a de tintas.

Diante desse cenário, metodologias oriundas do Sistema Toyota de Produção, em especial o *Lean Manufacturing*, têm sido adotadas por empresas industriais como forma de eliminar desperdícios e maximizar o valor entregue ao cliente (Ohno, 1997; Womack; Jones; Roos, 2004). Entre essas ferramentas, destaca-se o *SMED* — *Single Minute Exchange of Die* —, metodologia desenvolvida pelo engenheiro Shigeo Shingo entre 1950 e 1969 e publicada em 1985, cujo objetivo é reduzir o tempo de *setup* para menos de dez minutos por meio da separação e conversão das atividades realizadas durante a troca de produção (Shingo, 1996).

1.2 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho foi desenvolvido na empresa X, fabricante brasileira de tintas imobiliárias, industriais, vernizes e resinas, inserida no segmento de indústria de transformação.

Com capacidade produtiva de 220 milhões de litros por ano e produtos distribuídos em mais de 40 mil pontos de venda no país, a empresa apresenta alto volume e diversidade de ordens de produção, tornando o processo de envase um ponto estratégico para a competição por capacidade produtiva. A aplicação da metodologia *SMED* foi conduzida especificamente nas envasadoras Y e Z, equipamentos que representam o maior volume de ordens de produção da planta. A necessidade de reduzir o tempo de *setup* nessas linhas se justifica pelo elevado número de trocas realizadas ao longo do ano. Apenas entre janeiro e abril de 2026, foram registrados 1.022 *setups*, o que torna qualquer redução no tempo unitário de troca amplamente multiplicada em termos de impacto real na capacidade produtiva.

Do ponto de vista acadêmico, o estudo contribui com evidências da aplicabilidade do *SMED* em indústrias de transformação de base química, que concentra suas aplicações predominantemente nos setores automotivo, metalúrgico e de manufatura discreta (Sugai; Mcintosh; Novaski, 2007). Estudos nacionais recentes em segmentos industriais adjacentes, como o alimentício (Prudencio; Rodrigues Neto, 2025) e o de óleo e gás (Fraiz et al., 2019), reforçam o potencial de generalização da metodologia para processos de base química no contexto brasileiro, conferindo relevância adicional aos resultados aqui apresentados. No âmbito internacional, revisões sistemáticas confirmam a predominância de aplicações em manufatura discreta, com lacunas evidentes em indústrias de processo (Almomani et al., 2013). Para o Curso de Engenharia de Controle e Automação, o trabalho demonstra como ferramentas de análise e otimização de processos, centrais na formação do engenheiro, podem ser aplicadas com rigor metodológico em contextos industriais reais. Do ponto de vista social e ambiental, a redução de tempo improdutivo sem investimento em novos equipamentos contribui diretamente para o uso mais eficiente dos recursos já instalados, alinhando-se ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 9 da ONU — Indústria, Inovação e Infraestrutura —, que preconiza a modernização e o aumento da eficiência dos processos industriais.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

Aplicar a metodologia *SMED* nas linhas de envase de uma indústria de tintas, com vistas à redução do tempo de *setup* e ao aumento da capacidade produtiva.

1.3.2 Objetivos Específicos

- a) Estudar a literatura que aborda a metodologia *SMED* na indústria de transformação, para identificação de possíveis lacunas;
- b) Mapear e analisar todas as atividades realizadas durante o processo de *setup* das envasadoras Y e Z;
- c) Classificar as atividades de *setup* em internas e externas conforme os preceitos do *SMED*;
- d) Propor e implementar ações de melhoria para conversão e otimização das atividades identificadas;
- e) Quantificar os resultados obtidos em termos de redução de tempo, ganho de capacidade produtiva e impacto financeiro;
- f) Comparar os resultados obtidos com outros trabalhos da literatura, para mapeamento da compatibilidade dos ganhos associados à metodologia *SMED*.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho está organizado em sete capítulos. O primeiro capítulo é esta introdução, que apresenta a contextualização, justificativa e objetivos do trabalho. O segundo capítulo aborda o referencial teórico, com ênfase nos conceitos de *Lean Manufacturing* e na metodologia *SMED*. O terceiro descreve os procedimentos metodológicos adotados. O quarto capítulo apresenta o diagnóstico do processo de *setup* antes da intervenção. O quinto detalha a aplicação do *SMED* e as ações implementadas. O sexto capítulo expõe e discute os resultados obtidos. Por fim, o sétimo capítulo apresenta as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 LEAN MANUFACTURING

O *Lean Manufacturing*, ou Produção Enxuta, é um sistema de gestão da produção desenvolvido pela Toyota Motor Company, no Japão do pós-guerra, sistematizado por Taiichi Ohno e Eiji Toyoda a partir da década de 1950. Sua concepção parte do princípio fundamental de maximizar o valor entregue ao cliente por meio da eliminação sistemática de desperdícios ao longo de toda a cadeia produtiva (Ohno, 1997). O termo "*Lean*" foi popularizado no Ocidente por Womack, Jones e Roos (1990) na obra *A Máquina que Mudou o Mundo*, que documentou as diferenças de desempenho entre o sistema de produção em massa e o Sistema Toyota de Produção. Os autores demonstraram que empresas que adotavam os princípios enxutos obtinham resultados significativamente superior em produtividade, qualidade e flexibilidade.

Os cinco princípios fundamentais do *Lean Manufacturing*, conforme definidos por Womack e Jones (1996), são: definir o que é valor sob a perspectiva do cliente; identificar todas as etapas do processo e eliminar as que não agregam valor; fazer com que as etapas que criam valor fluam sem interrupções; produzir somente o que o cliente demanda, no momento em que demanda; e buscar continuamente a eliminação de desperdícios e a melhoria dos processos. Para operacionalizar esses princípios, Ohno (1997) identificou sete categorias de desperdícios, os chamados *mudas*, que devem ser eliminados dos processos produtivos: superprodução, espera, transporte desnecessário, superprocessamento, estoque excessivo, movimentação desnecessária e defeitos. Liker (2004) acrescentou um oitavo desperdício: o não aproveitamento do potencial criativo dos colaboradores.

2.2 SETUP E SUA IMPORTÂNCIA NOS PROCESSOS INDUSTRIAIS

O *setup*, ou preparação de máquina, é definido como o conjunto de atividades realizadas entre o fim da produção de um lote e o início da produção do lote seguinte, compreendendo limpeza, ajustes, troca de ferramentas, regulagens e verificações necessárias para que o equipamento esteja apto a produzir o novo item com qualidade (Shingo, 1996). Em indústrias com alta variedade de produtos, como a indústria de tintas, o *setup* é uma atividade recorrente e de elevado impacto. Cada troca de cor ou produto nas linhas de envase exige procedimentos de limpeza para evitar contaminação entre lotes, o que torna o tempo de *setup* naturalmente extenso e sujeito a variações. Do ponto de vista da gestão da produção, o tempo de *setup* representa uma perda direta de disponibilidade dos equipamentos, impactando negativamente

o indicador *OEE* — *Overall Equipment Effectiveness*. Nakajima (1989) classifica as paradas para *setup* como uma das seis grandes perdas que afetam a eficiência dos equipamentos industriais.

2.3 SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIE - SMED

2.3.1 Origem e Desenvolvimento

O *SMED* — *Single Minute Exchange of Die*, ou Troca Rápida de Ferramentas — é uma metodologia desenvolvida pelo engenheiro industrial japonês Shigeo Shingo ao longo de aproximadamente dezenove anos de pesquisa e aplicação prática, entre 1950 e 1969, sendo formalmente sistematizada e publicada em 1985 (Shingo, 1996). O nome da metodologia refere-se à meta de reduzir o tempo de *setup* para um número de minutos expresso em um único dígito, ou seja, inferior a dez minutos. Embora nem sempre esse patamar seja atingível, o processo estruturado de análise e melhoria proposto pelo *SMED* invariavelmente resulta em reduções expressivas, independentemente do setor industrial em que é aplicado (Shingo, 1996).

2.3.2 Conceitos Fundamentais: Atividades Internas e Externas

O principal conceito introduzido pelo *SMED* é a distinção entre dois tipos de atividades de *setup*: *setup* interno (SI), que compreende as atividades que só podem ser realizadas com a máquina parada; e *setup* externo (SE), que engloba as atividades que podem ser realizadas com a máquina ainda em operação. Shingo (1996) demonstrou que, na maioria dos processos industriais analisados antes da aplicação do *SMED*, entre 30% e 50% das atividades classificadas como *setup* interno poderiam ser convertidas em *setup* externo sem nenhuma alteração tecnológica nos equipamentos. Como exemplo prático no contexto de envase de tintas, atividades como a solicitação das embalagens para a próxima ordem de produção, a consulta à ordem de operação seguinte, a organização do setor e a preparação dos paletes são tarefas que, antes da aplicação do *SMED*, eram realizadas com a máquina já parada — caracterizando-as como *setup* interno. Com a aplicação da metodologia, essas atividades passam a ser executadas durante o período em que a envasadora ainda está em operação, convertendo-as em *setup* externo e reduzindo diretamente o tempo de parada efetiva do equipamento.

2.3.3 As Três Fases da Metodologia SMED

A implementação do *SMED* é conduzida em três fases sequenciais, conforme proposto por Shingo (1996). A Fase 1 consiste na separação das atividades internas e externas, por meio do mapeamento completo de todas as atividades do *setup* e sua classificação. A Fase 2 busca a conversão de atividades internas em externas, transferindo para o período de produção as tarefas que não exigem necessariamente a parada do equipamento. A Fase 3 realiza a otimização de todas as atividades, reduzindo individualmente a duração de cada tarefa por meio de padronização, paralelização e uso de dispositivos de apoio. Conforme destacam Moxham e Greatbanks (2001) e estudos mais recentes de Almomani et al. (2013), a efetividade dessas fases depende diretamente do grau de envolvimento da equipe operacional e da qualidade dos dados coletados na fase de diagnóstico, aspectos que foram sistematicamente contemplados na condução do presente trabalho.

A metodologia *SMED* pode ser estruturada como um algoritmo sequencial de seis passos, conforme ilustrado na Figura 2.1. O processo tem como entrada o conjunto de atividades realizadas durante o *setup* e segue as seguintes etapas:

Passo 1 — Observação: realiza-se o estudo de tempos e a filmagem do *setup* completo, permitindo o registro detalhado de todas as atividades executadas pelos operadores.

Passo 2 — Análise: os dados coletados são organizados por meio do diagrama de espaguete, que mapeia a movimentação dos operadores, e do gráfico de Gantt, que evidencia a distribuição temporal das atividades.

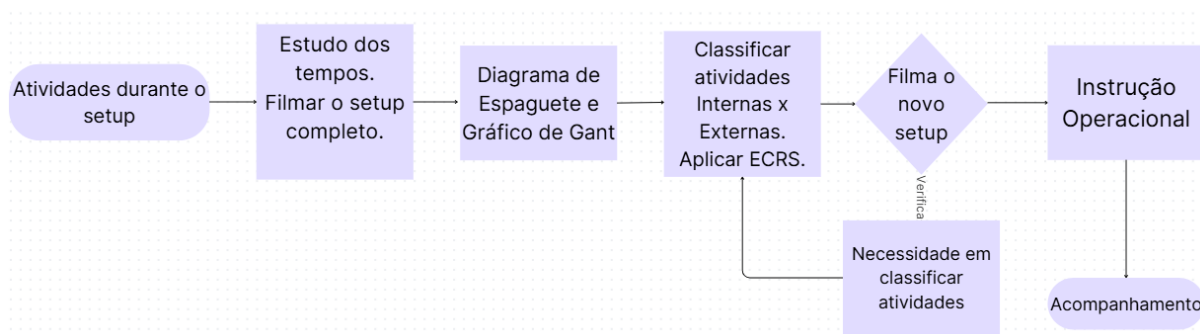
Passo 3 — Classificação (Fase 1): cada atividade é classificada como *setup* interno, quando exige a máquina parada, ou *setup* externo, quando pode ser realizada com a máquina em operação.

Passo 4 — Conversão (Fase 2): verifica-se quais atividades internas podem ser antecipadas e convertidas em externas, reduzindo o tempo de parada efetiva da máquina.

Passo 5 — Racionalização (Fase 3): aplica-se o método ECRS — Eliminar, Combinar, Rearranjar e Simplificar — sobre as atividades remanescentes, buscando redução adicional e paralelização entre operadores.

Passo 6 — Padronização: o novo método é documentado em instrução operacional e os operadores são treinados, garantindo a sustentabilidade dos ganhos obtidos.

Figura 2.1 - Fluxograma da metodologia SMED.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

2.4 OEE — EFICIÊNCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS

O *OEE (Overall Equipment Effectiveness)* é o principal indicador utilizado para mensurar a eficiência global de equipamentos industriais, desenvolvido por Nakajima (1989) no contexto do *TPM — Total Productive Maintenance*. O índice é calculado pelo produto de três componentes: Disponibilidade, que representa a relação entre o tempo em que o equipamento efetivamente operou e o tempo planejado; Performance, que relaciona a velocidade real à velocidade nominal; e Qualidade, que compara a quantidade de itens conformes ao total produzido (Nakajima, 1989). O tempo de *setup* é classificado pelo próprio autor como uma das seis grandes perdas que afetam a disponibilidade dos equipamentos, impactando diretamente o *OEE* geral.

2.5 APLICAÇÕES DO SMED NA INDÚSTRIA DE TRANSFORMAÇÃO

Estudos recentes ampliam esse escopo para indústrias de transformação. Prudêncio e Rodrigues Neto (2025) aplicaram o *SMED* em uma indústria alimentícia brasileira, obtendo redução de 31% no tempo médio de *setup* em linhas de envase de bebidas, com destaque para a conversão de atividades de limpeza e troca de produto de *setup* interno para externo. Fraiz et al. (2019) conduziram estudo em uma indústria do setor de óleo e gás, identificando que o desequilíbrio na distribuição de atividades entre operadores era o principal gargalo do *setup* — resultado convergente com o observado no presente trabalho. Almomani et al. (2013), em revisão sistemática da literatura, confirmaram que reduções entre 15% e 50% no tempo de *setup* são consistentemente reportadas para diferentes segmentos industriais, incluindo indústrias de processo. Na indústria de tintas, as trocas de produto nas linhas de envase apresentam características particulares — necessidade de limpeza completa dos circuitos, variabilidade das

viscosidades e sensibilidade à sequência de produção —, que reforçam a necessidade de uma abordagem adaptada da metodologia, como a conduzida no presente trabalho.

3 METODOLOGIA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa aplicada, uma vez que tem como finalidade a geração de conhecimento voltado à solução de um problema prático identificado no ambiente industrial (Gil, 2010). Quanto à abordagem, classifica-se como qualitativa/quantitativa: qualitativa na fase de mapeamento e observação do processo de *setup*, e quantitativa na coleta, tratamento e análise dos dados de tempo e produtividade.

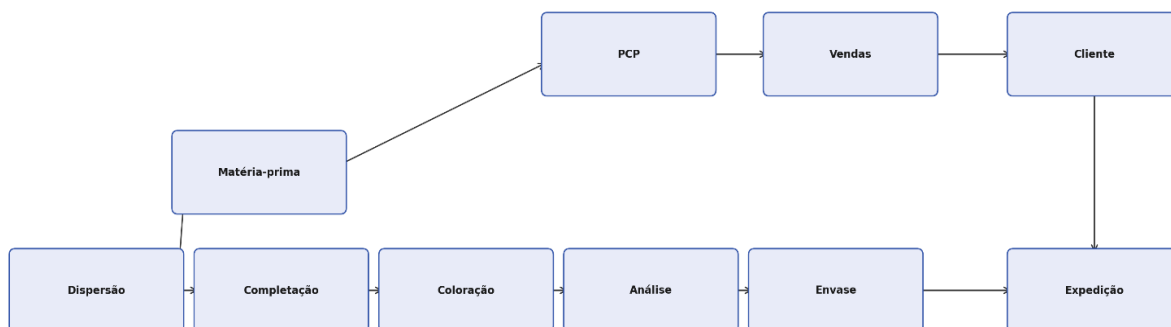
Do ponto de vista dos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva e explicativa, pois busca não apenas registrar o comportamento do processo de *setup*, mas também identificar as causas das perdas de tempo e os efeitos das ações de melhoria implementadas (Gil, 2010). Quanto aos procedimentos técnicos, adota-se a estratégia de estudo de caso (Yin, 2015), conduzido nas envasadoras Y e Z da empresa X, com coleta de dados ao longo de 2025 e do primeiro quadrimestre de 2026.

3.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA E DO PROCESSO PRODUTIVO

A empresa X é uma organização brasileira do segmento de indústria de transformação, atuante nos segmentos de tintas imobiliárias e industriais, além de vernizes e resinas. Com cerca de mil colaboradores e produtos presentes em mais de 40 mil pontos de venda em todo o país, a empresa conta com capacidade produtiva de 220 milhões de litros por ano. A empresa é filiada à Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI) e possui certificação pelo Programa Setorial de Qualidade (PSQ), estando em conformidade com as normas e exigências do segmento.

O processo produtivo da empresa inicia-se com o recebimento das matérias-primas, que passam pela etapa de dispersão, na qual os pigmentos e cargas são misturados ao veículo líquido para formação da base. Em seguida, o produto segue para a completação, onde são adicionados os demais componentes conforme a formulação desenvolvida pelo setor de P&D para cada *SKU*. Após a completação, realiza-se a coloração e a análise laboratorial de qualidade, responsável pela aprovação do lote antes de seu encaminhamento ao envase. O produto envasado segue para a expedição. Em paralelo, o Planejamento e Controle da Produção (PCP) recebe as demandas do setor de Vendas e emite as ordens de produção conforme a demanda dos clientes. O fluxo do processo produtivo é ilustrado na Figura 3.1.

Figura 3.1 - Fluxograma do processo produtivo.



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Do ponto de vista operacional, os principais pontos críticos identificados no processo produtivo concentram-se na etapa de envase. A elevada diversidade de *SKUs* — com variações de cor, viscosidade e embalagem — exige frequentes trocas de produto nas envasadoras, tornando o *setup* a principal fonte de perda de disponibilidade dos equipamentos. A necessidade de limpeza completa dos circuitos a cada troca, aliada à ausência de um padrão formal de execução, gerava variabilidade nos tempos de troca entre turnos e operadores, impactando diretamente a capacidade produtiva e o *OEE* das linhas.

A delimitação do objeto de pesquisa se limitou para as envasadoras Y e Z, equipamentos que representam o maior volume de ordens de produção da planta. A escolha dessas duas máquinas foi justificada metodologicamente por sua representatividade operacional: juntas, respondem pela maior parte da capacidade de envase da unidade, tornando qualquer ganho de disponibilidade diretamente impactante na capacidade produtiva geral. Cada ordem de produção corresponde, em média, a 1.080 unidades de 15 litros, totalizando 16.200 litros por ordem. O recorte operacional da pesquisa abrange exclusivamente os *setups* realizados nessas duas envasadoras, com dados coletados ao longo de 2025 (linha de base) e do primeiro quadrimestre de 2026 (pós-implantação). Para fins de análise, o *setup* foi definido como o conjunto de atividades realizadas entre o encerramento de uma ordem de produção e o início efetivo da ordem seguinte, incluindo esvaziamento das tubulações, limpeza do sistema de dosagem, troca de produto, ajustes de dosagem e verificação de qualidade. Todos os *setups* registrados no período foram incluídos na análise, garantindo a representatividade da amostra.

3.3 ESTRUTURA DA IMPLEMENTAÇÃO

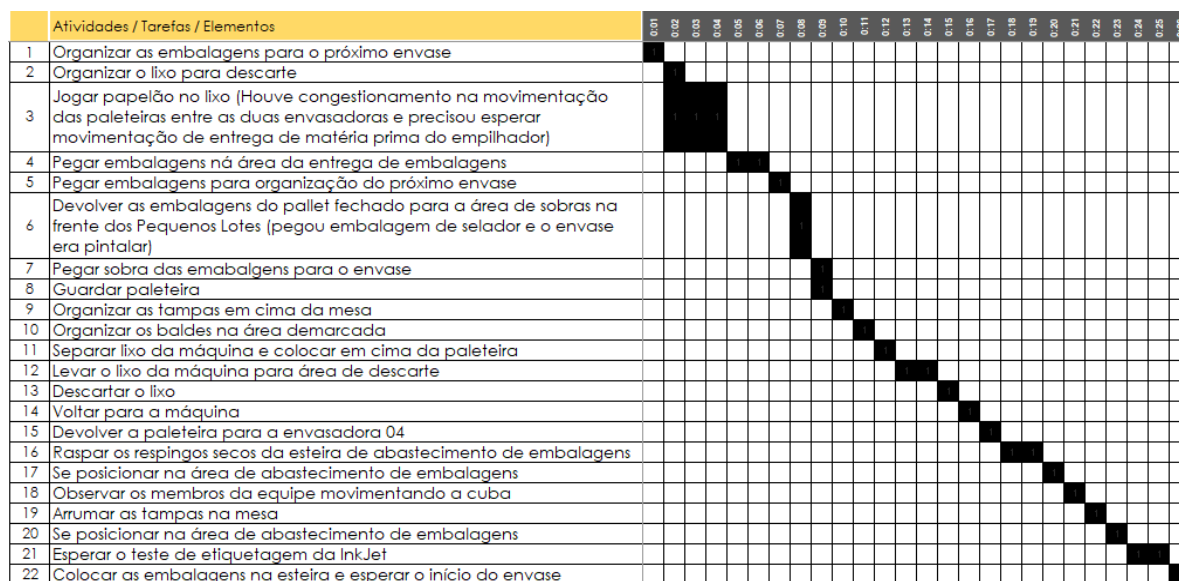
A aplicação do *SMED* nas envasadoras Y e Z foi conduzida de forma integrada com outras ferramentas do sistema *Lean* e do *TPM* — *Total Productive Maintenance* —, no âmbito do setor de melhoria contínua. A estrutura de implementação compreendeu cinco frentes de ação complementares: treinamento das equipes operacionais, gestão autônoma, ferramentas *TPM*, projeto *SMED* e padronização dos procedimentos.

3.4 FASE 1 — SEPARAÇÃO DAS ATIVIDADES INTERNAS E EXTERNAS

A primeira fase do *SMED* foi iniciada com o mapeamento completo de todas as atividades realizadas durante o *setup* das envasadoras Y e Z, por meio de observação direta no chão de fábrica e no estudo dos tempos. Cada atividade foi registrada com sua duração e classificada quanto à sua natureza: atividades internas, que só podem ser realizadas com a máquina parada, como a limpeza interna das tubulações e os ajustes de parâmetros; e atividades externas, que podem ser realizadas com a máquina em operação, como a preparação de materiais, conferência da ordem de produção e comunicação com o almoxarifado.

A classificação das atividades em internas e externas, juntamente com o gráfico de Gantt de cada operador no estado anterior, são apresentadas nas Figuras 3.2 à 3.5. O gráfico de Gantt elaborado nesta fase permitiu visualizar a sequência temporal das atividades, identificar sobreposições possíveis e evidenciar o volume de atividades que, embora classificadas como *setup* interno, poderiam ser antecipadas, constituindo a principal oportunidade de redução do tempo de parada da linha.

Figura 3.2 - Classificação das atividades e gráfico de Gantt - Op. A (estado anterior).



Fonte: O autor, 2026.

Fonte: O autor, 2026.

3.5 FASE 2 — CONVERSÃO DE ATIVIDADES INTERNAS EM EXTERNAS

Com base no mapeamento realizado, foram identificadas atividades que poderiam ser transferidas do *setup* interno para o externo. As principais ações de conversão implementadas foram: (a) preparação antecipada de materiais, com os insumos de limpeza e embalagens do próximo produto sendo posicionados próximos à linha durante o último período de produção do lote anterior; (b) conferência antecipada da ordem de produção, eliminando o tempo de verificação de documentos com a máquina parada; e (c) reposicionamento de recursos, com base na análise do diagrama de espagete e aplicação do ECRS. A classificação atualizada das atividades de cada operador, após a conversão, é apresentada nas Figuras 3.6 à 3.9.

Figura 3.6 - Classificação atualizada das atividades - Op. A (após conversão)

Atividades / Tarefas / Elementos	0:00	0:01	0:02	0:03	0:04	0:05	0:06	0:07	0:08	0:09	0:10	0:11	0:12	0:13	0:14	0:15	0:16	0:17	0:18
1 Colocar a Escada na cuba	■																		
2 Colocar o reservatório da cuba		■																	
3 Acoplar o mangote na cuba			■																
4 Acoplar o mangote no filtro				■															
5 Fechar a linha do tanque da completação					■														
6 Lavar o mangote						■	■	■											
7 Lavar a cuba									■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fonte: O autor, 2026.

Figura 3.7 - Classificação atualizada das atividades - Op. B (após conversão)

Atividades / Tarefas / Elementos	0:00	0:01	0:02	0:03	0:04	0:05	0:06	0:07	0:08	0:09	0:10	0:11	0:12	0:13	0:14	0:15	0:16
1 Posicionar paletes para o próximo envase		■															
2 Remover 2 paletes de produtos acabados da área da paletizadora			■														
3 Verificar necessidade de cortar fitilho para o próximo envase				■													
4 Verificar necessidade de limpar a malha					■												
5 Colocar o mangote no tanque						■											
6 Ajudar posicionando as embalagens e as tampas							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fonte: O autor, 2026.

Figura 3.8 - Classificação atualizada das atividades - Op. C (após conversão)

	Atividades / Tarefas / Elementos	0:00	0:01	0:02	0:03	0:04	0:05	0:06	0:07	0:08	0:09	0:10	0:11	0:12	0:13	0:14	0:15	0:16	0:17
1	Buscar as embalagens																		
2	Organizar as embalagens e tampas																		
3	Jogar lizo																		
4	Cortar fitilho																		

Fonte: O autor, 2026.

Figura 3.9 - Classificação atualizada das atividades - Op. D (após conversão)

	Atividades / Tarefas / Elementos	0:00	0:01	0:02	0:03	0:04	0:05	0:06	0:07	0:08	0:09	0:10	0:11	0:12	0:13	0:14	0:15	0:16	0:17	0:18	0:19
1	Fechar a ordem anterior																				
2	Vai conferir a próxima tinta																				
3	Escreve especificações na OP																				
4	Vai até o LCQ																				
5	Passar para o relatório as informações da ordem envasada																				
6	vai até operações e entrega a OP																				
7	Confere o tanque que será envasado																				
8	Cadastrar na inkjet a nova ordem																				
9	Cadastrar no livemes a nova ordem																				
10	Ajusta a balança																				

Fonte: O autor, 2026.

3.6 FASE 3 — OTIMIZAÇÃO DAS ATIVIDADES

Na terceira fase, tanto as atividades internas remanescentes quanto as externas foram analisadas individualmente para redução de sua duração. As principais ações implementadas foram: (a) padronização visual com LUPs — Lições de Um Ponto —, disponibilizadas nos próprios equipamentos; (b) ferramenta de etiquetas para identificação de anomalias, com 123 etiquetas abertas ao longo do projeto; (c) ferramenta de sugestões de melhoria, com 11 sugestões registradas pelos operadores; (d) treinamento das equipes sobre os conceitos do *SMED* e as novas rotinas de trabalho; e (e) implementação de relatório diário por turno para acompanhamento dos tempos e atualização do quadro de gestão autônoma. O engajamento dos operadores foi elemento central nesta fase: as melhorias foram construídas de forma participativa, com os próprios operadores identificando oportunidades e registrando anomalias, o que gerou sentimento de pertencimento ao processo e maior aderência às mudanças.

3.7 FERRAMENTAS UTILIZADAS

3.7.1 Estudo dos tempos

O estudo dos tempos é a principal ferramenta de coleta de dados utilizada neste trabalho. Consiste na medição sistemática dos tempos de cada atividade realizada durante o *setup*, permitindo identificar com precisão onde o tempo é consumido e quais etapas apresentam maior potencial de melhoria (Barnes, 1977). Na empresa X, o *setup* completo de cada operador foi registrado por meio de filmagem, com câmera posicionada de forma a capturar todas as movimentações e atividades realizadas durante a troca de produto nas envasadoras Y e Z. As filmagens foram posteriormente analisadas para cronometrar individualmente cada atividade, servindo como base para a classificação em *setup* interno e externo.

3.7.2 Diagrama de Espaguete

O diagrama de espaguete foi utilizado para o mapeamento dos deslocamentos dos operadores durante o *setup*, permitindo identificar trajetos desnecessários e oportunidades de reorganização do layout e do posicionamento de materiais. Na empresa X, o diagrama foi elaborado manualmente, sobrepondo as rotas percorridas por cada operador diretamente sobre o layout das envasadoras Y e Z, com base nos deslocamentos registrados nas filmagens do *setup*.

3.7.3 Plano de Ação 5W2H

Para a estruturação e acompanhamento das melhorias propostas, foi utilizado o método *5W2H* — ferramenta que define, para cada ação: o quê será feito, por quê, onde, quando, quem é o responsável, como será executado e qual o custo envolvido.

3.7.4 Procedimento Operacional Padrão (POP)

Após a implementação das melhorias, as novas práticas foram formalizadas em Procedimentos Operacionais Padrão, garantindo a sustentabilidade dos resultados e a replicabilidade das ações para outros turnos e operadores (Shingo, 1996). Na empresa X, os POPs foram elaborados no formato de Lições de Um Ponto (LUPs) e Instruções Operacionais, documentos de fácil visualização e aplicação no chão de fábrica, disponibilizados nos postos de trabalho das envasadoras Y e Z.

3.8 COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

Os dados de tempo de *setup* foram coletados por meio do sistema de apontamento de produção utilizado pela empresa, o qual registra em tempo real todas as ocorrências nas linhas de envase, incluindo tempos de produção, paradas, quebras e *setups*, e permite o monitoramento contínuo do *OEE*. A coleta abrangeu todo o ano de 2025, constituindo a linha de base do estudo, e o período de janeiro a abril de 2026, após a implementação das melhorias. O conjunto de dados de 2026 compreende 1.022 registros de *setup*. Para fins de análise comparativa, os resultados foram expressos em termos de redução de tempo, ganho de horas produtivas, aumento de capacidade e impacto financeiro.

3.9 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE SETUP NAS ENVASADORAS Y E Z

O processo de *setup* nas envasadoras Y e Z da empresa X compreende o conjunto de atividades necessárias para restaurar as condições básicas dos equipamentos entre ordens de produção consecutivas, preparando-os para o envase do próximo produto com qualidade e segurança. Em função da diversidade de cores e formulações produzidas, as trocas de produto exigem procedimentos rigorosos de limpeza interna das tubulações e do sistema de dosagem, ajustes de parâmetros e verificações antes da liberação da linha.

Antes da aplicação do *SMED*, o processo de *setup* não contava com um padrão formal documentado, o que gerava variabilidade nos tempos de troca entre turnos e operadores, condição identificada pela própria gestão como um problema operacional preexistente à pesquisa. A ausência de padronização resultava em atividades realizadas de forma sequencial que poderiam ser executadas em paralelo, deslocamentos desnecessários e tempo excessivo de espera por materiais e informações que poderiam ser preparados antecipadamente. Esse diagnóstico, em consonância com o que Moxham e Greatbanks (2001) identificam como pré-requisito para o sucesso do *SMED*, reforçou a necessidade de uma intervenção estruturada e replicável. Os dados de tempo de *setup* foram extraídos do sistema de controle da própria empresa, que registra automaticamente os tempos de cada troca de produção nas envasadoras Y e Z. Esse sistema constitui a fonte primária dos dados quantitativos utilizados neste estudo, garantindo a precisão e a rastreabilidade dos registros ao longo de 2025 e do primeiro quadrimestre de 2026. O estudo de tempos foi utilizado de forma complementar, na fase de mapeamento das atividades de *setup*, para a identificação e classificação das tarefas internas e externas. Os quatro operadores das envasadoras Y e Z participaram ativamente das etapas de mapeamento, classificação e implementação das melhorias.

3.10 LINHA DE BASE: TEMPOS DE SETUP EM 2025

A coleta de dados foi conduzida ao longo de todo o ano de 2025, abrangendo os registros de *setup* das envasadoras Y e Z. Os dados mensais levantados são apresentados na Tabela 3-1.

Tabela 3.1 - Tempo médio mensal de setup das envasadoras Y e Z em 2025

Mês	Tempo Médio de Setup (min)
Janeiro	31,75
Maio	31,95
Junho	26,05
Julho	28,71
Agosto	29,70
Setembro	29,24
Outubro	31,55
Novembro	25,14
Dezembro	27,53
Média Anual	28,51

Fonte: dados coletados pela empresa (2025).

A análise dos dados evidencia que, ao longo de 2025, o tempo médio de *setup* das envasadoras Y e Z foi de 28,51 minutos, valor que superava consistentemente a meta estabelecida de 25 minutos. Os meses de janeiro, maio e outubro apresentaram os piores resultados, com médias superiores a 31 minutos. A variação entre os meses indica a ausência de um padrão consolidado, reforçando a necessidade de intervenção estruturada.

3.11 IDENTIFICAÇÃO DAS OPORTUNIDADES DE MELHORIA

A partir da observação direta do processo e da análise dos dados coletados, foram identificadas as seguintes causas principais para o tempo elevado e variável de *setup*: (a) ausência de padronização, com execução dependente do conhecimento individual de cada operador; (b) atividades internas executáveis externamente, como separação de materiais e conferência de documentação; (c) movimentação excessiva dos operadores, evidenciada pelo diagrama de espaguete; (d) oportunidades de melhoria no 5S da área; e (e) impacto direto no *OEE*, com o *setup* sendo identificado como a principal perda operacional das envasadoras Y e Z.

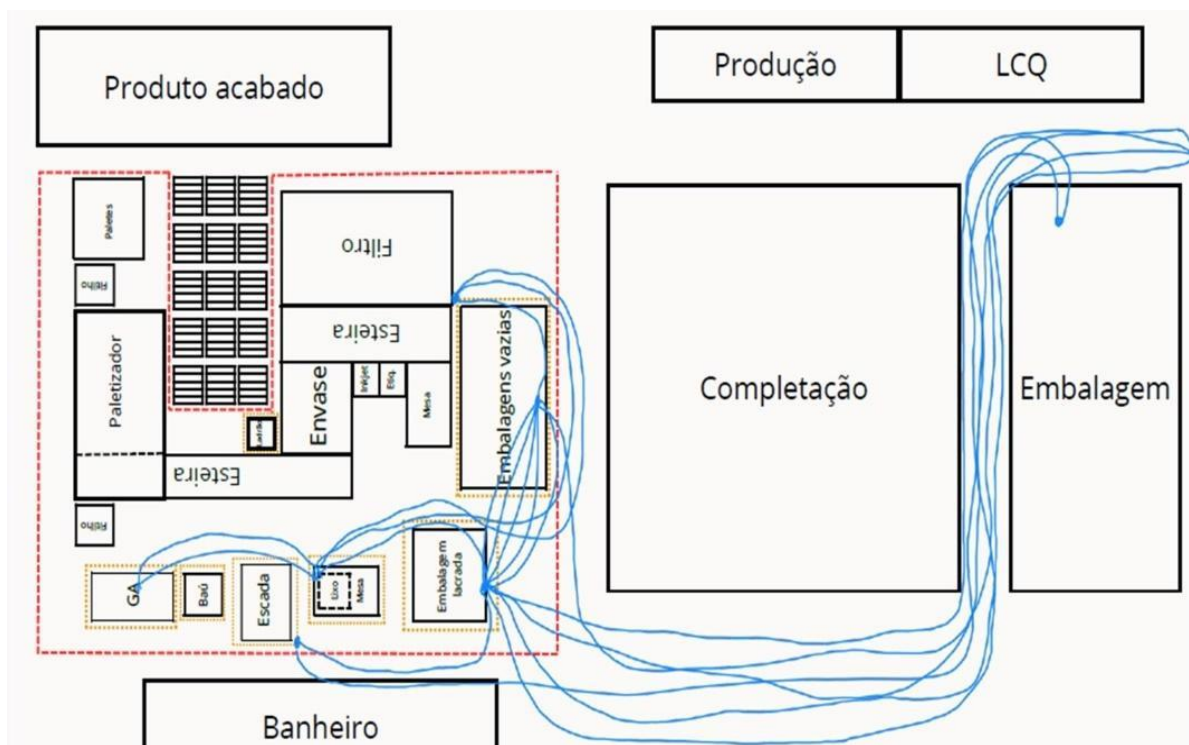
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE DE MOVIMENTAÇÃO — DIAGRAMA DE ESPAGUETE

O diagrama de espaguete foi elaborado a partir da observação e registro dos deslocamentos dos operadores durante a execução do *setup* no estado anterior à melhoria. O mapeamento evidenciou trajetos extensos e não otimizados, com o operador percorrendo longas distâncias para buscar materiais de limpeza, acessar pontos de abastecimento e realizar verificações ao longo da linha de envase.

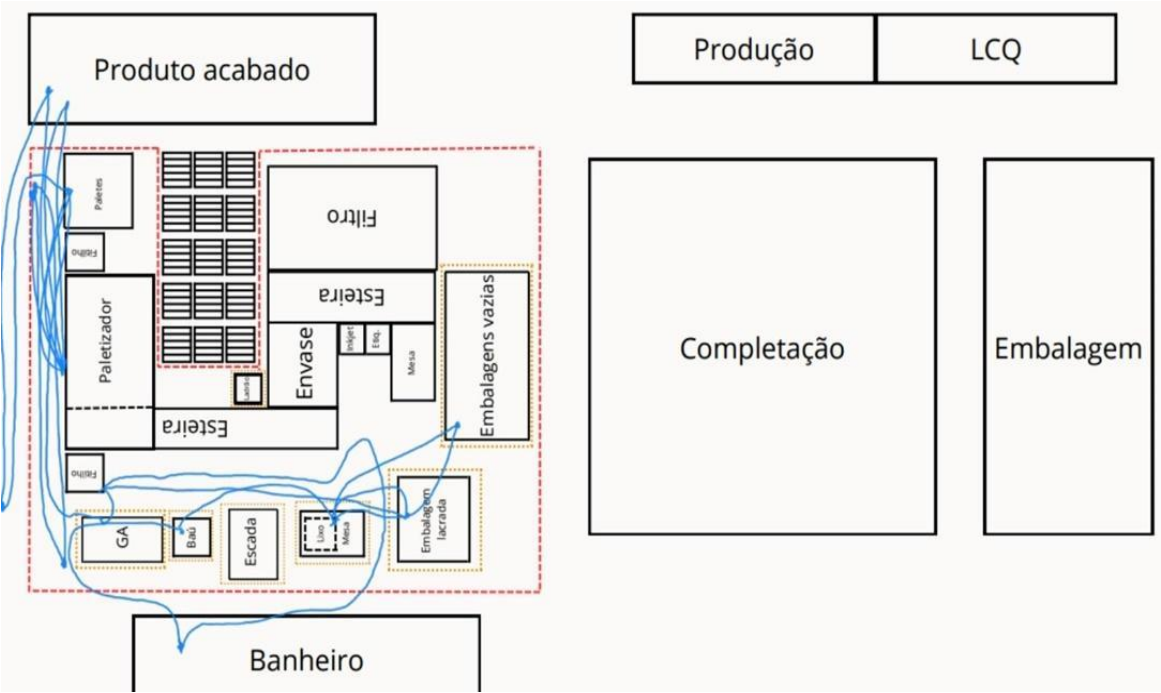
A aplicação da análise ECRS — Eliminar, Combinar, Reorganizar, Simplificar — sobre as atividades mapeadas permitiu identificar quais movimentos poderiam ser eliminados por meio do reposicionamento de materiais e da reorganização do fluxo de trabalho. Os Diagramas de Espaguete dos quatro operadores, no estado anterior à aplicação do *SMED*, são apresentados nas Figuras 3.2 a 3.5. O estado futuro do diagrama demonstrará uma redução expressiva nos deslocamentos, com trajetos mais curtos e diretos, contribuindo para a redução do tempo total de *setup* e para a melhoria das condições ergonômicas da operação. Os diagramas do estado após a melhoria são apresentados nas Figuras 4.1 à 4.4.

Figura 4.1 - Diagrama de espaguete do Op. A - estado anterior à melhoria.



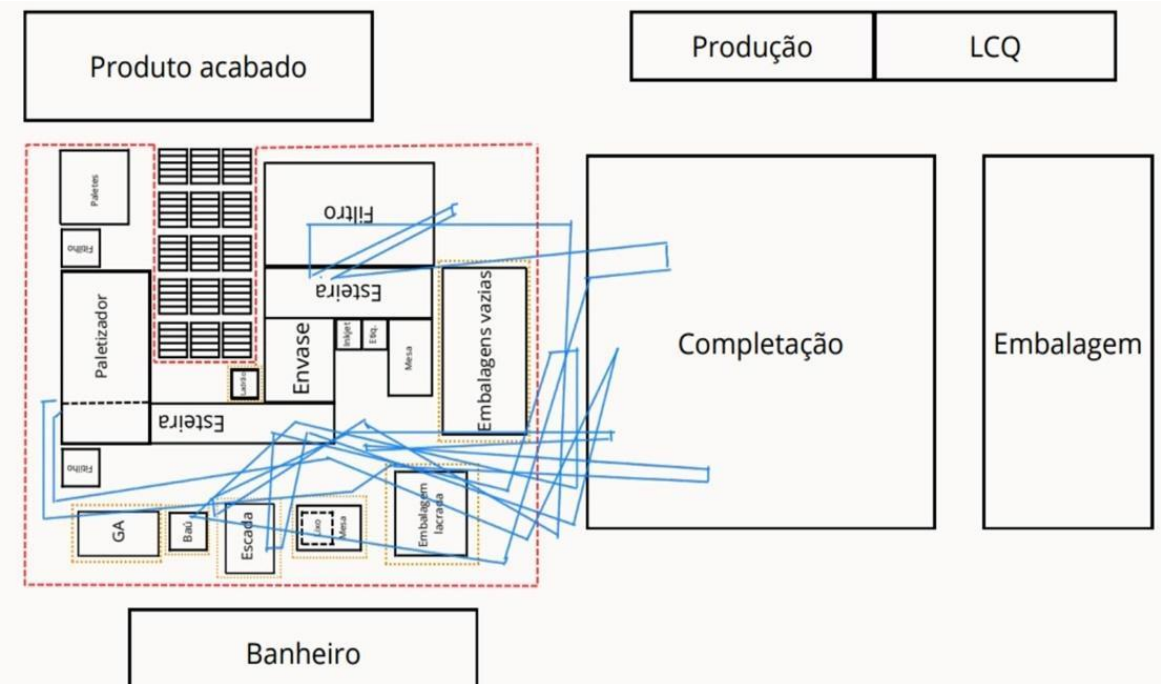
Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Figura 4.2 - Diagrama de espaguete do Op. B - estado anterior à melhoria.



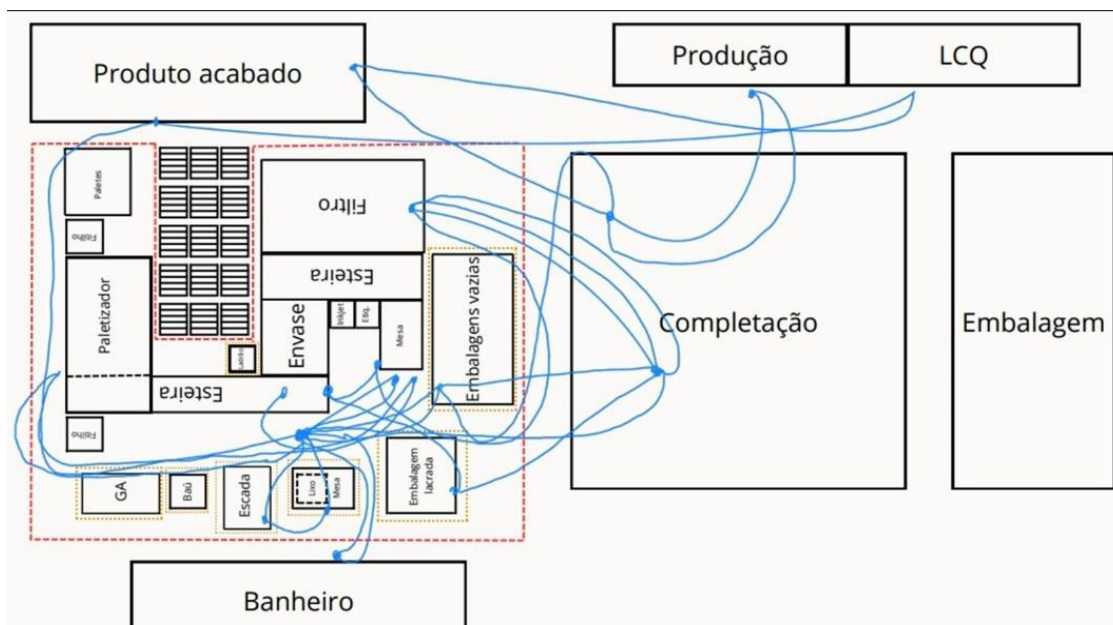
Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Figura 4.3 - Diagrama de espaguete do Op. C - estado anterior à melhoria



Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Figura 4.4 - Diagrama de espaguete doOp. D - estado anterior à melhoria.

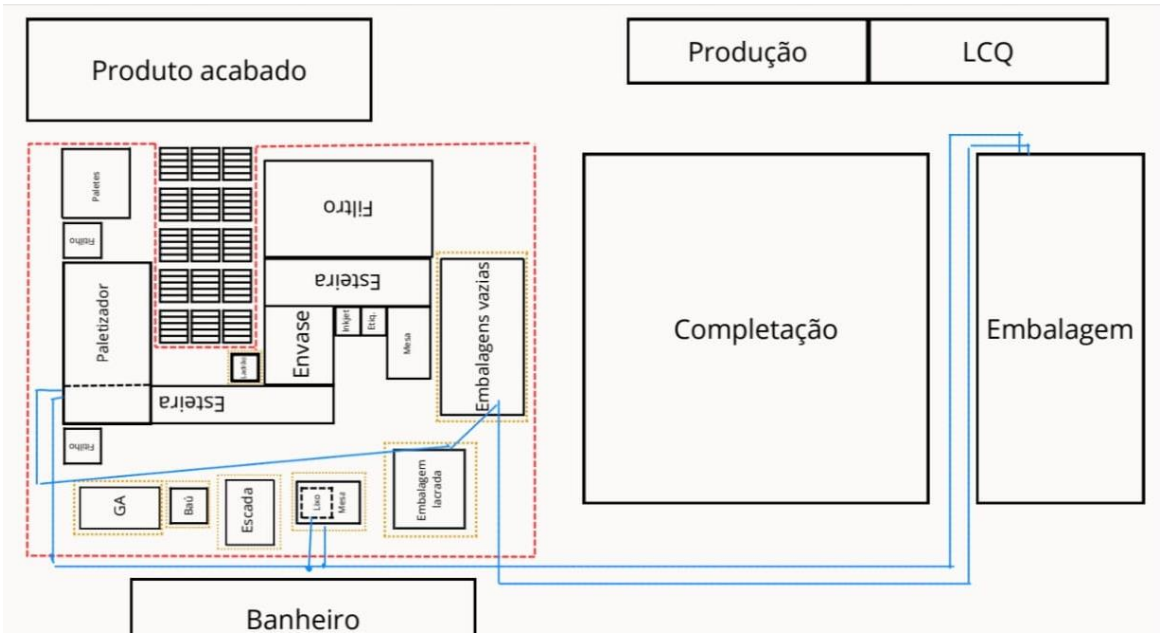


Fonte: elaborado pelo autor (2026).

4.2 PADRONIZAÇÃO E SUSTENTABILIDADE DOS RESULTADOS

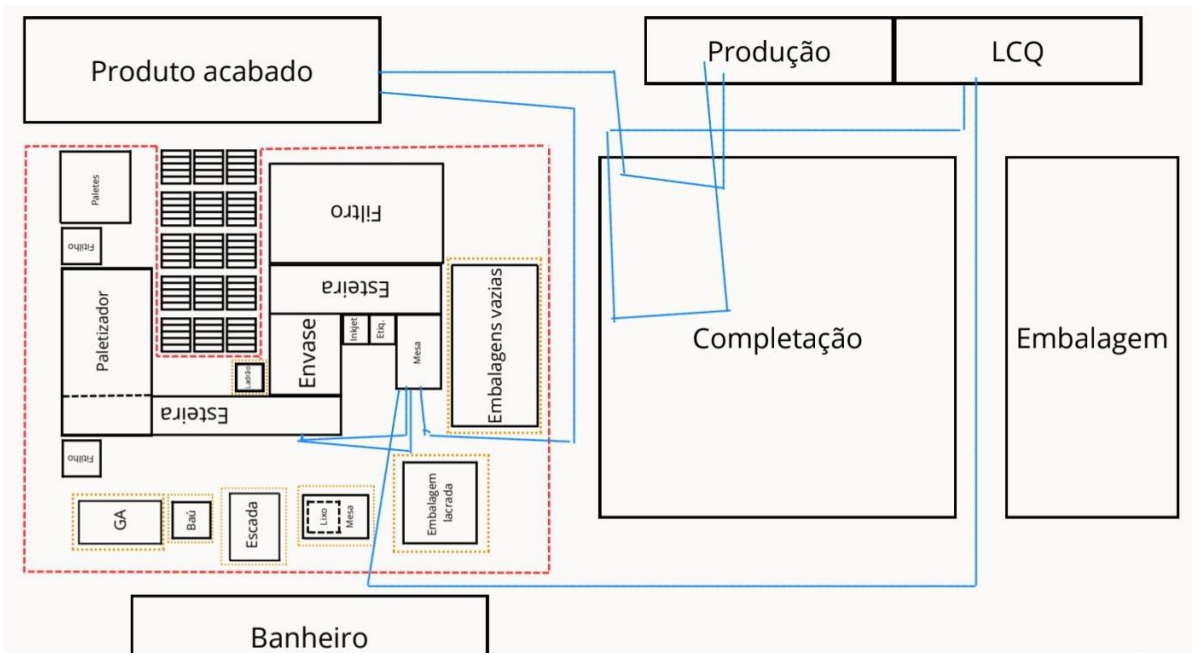
Após a implementação das melhorias, as novas práticas foram formalizadas em Procedimentos Operacionais Padrão, garantindo que os ganhos obtidos fossem sustentáveis e replicáveis para novos operadores. A padronização foi complementada pelas LUPs e pelo sistema de gestão autônoma, que juntos formam um ciclo de controle e melhoria contínua do processo de *setup*. Como próximos passos, foram definidas metas adicionais de redução do tempo de *setup* para 20 minutos, além da expansão das ações para outras perdas operacionais identificadas. Os novos diagramas de espaguete de cada operador, evidenciando a redução dos deslocamentos após a implantação do *SMED*, são apresentados nas Figuras 4.5 a 4.8.

Figura 4.7 - Diagrama de espaguete - Op. C (estado após a melhoria)



Fonte: O autor, 2026.

Figura 4.8 - Diagrama de espaguete - Op. D (estado após a melhoria)



Fonte: O autor, 2026.

4.3 REDUÇÃO DO TEMPO MÉDIO DE SETUP

Após a implementação das ações previstas nas três fases do *SMED*, os tempos de *setup* das envasadoras Y e Z foram monitorados continuamente ao longo do primeiro quadrimestre de 2026. Os resultados mensais obtidos são apresentados na Tabela 4-1, enquanto o comparativo consolidado com o período anterior é sintetizado na Tabela 4-2.

Tabela 4.1 - Tempo médio mensal de setup das envasadoras Y e Z em 2026 (janeiro a abril)

Mês	Tempo Médio de Setup (min)
Janeiro	23,62
Fevereiro	22,28
Março	23,33
Abril	22,30
Média do Período	22,88

Fonte: dados coletados pela empresa (2026).

Tabela 4.2 - Comparativo dos tempos médios de setup antes e após a aplicação do SMED

Indicador	Antes (2025)	Depois (2026)	Variação
Tempo médio de setup	28,51 min	22,88 min	– 5,63 min
Redução percentual	—	—	– 19,75%
Meta estabelecida	25,00 min	25,00 min	Atingida

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

A análise dos dados revela uma redução consistente ao longo dos quatro meses monitorados, com o tempo médio de *setup* passando de 28,51 minutos em 2025 para 22,88 minutos no quadrimestre de 2026 — representando uma redução absoluta de 5,63 minutos e uma redução percentual de 19,75%. Este resultado supera a meta organizacional estabelecida de 25 minutos, demonstrando a efetividade da metodologia aplicada.

A consistência dos resultados mensais — com variação máxima de 1,34 minutos entre janeiro (23,62 min) e fevereiro (22,28 min) — indica que as melhorias foram sustentadas ao longo do período, o que pode ser atribuído à padronização das atividades por meio das instruções operacionais elaboradas na Fase 3 da metodologia. Esse padrão de estabilização após

a implantação é convergente com os achados de Almomani et al. (2013), que identificaram que a padronização é o principal fator de sustentabilidade dos ganhos do *SMED*.

A redução obtida pode ser diretamente correlacionada às três fases da metodologia. A Fase 1 — classificação das atividades em internas e externas — permitiu identificar que parte significativa das atividades realizadas com a máquina parada, como a solicitação de embalagens, a consulta à ordem de produção seguinte e a organização de paletes, podiam ser antecipadas. A Fase 2 — conversão — consistiu exatamente na antecipação dessas atividades para o período em que a envasadora ainda estava em operação, eliminando tempo improdutivo de parada. A Fase 3 — racionalização — por meio da análise ECRS, redistribuiu as atividades remanescentes entre os operadores, eliminando o desequilíbrio de carga identificado como principal gargalo do *setup*.

4.4 GANHO TOTAL DE HORAS PRODUTIVAS

A multiplicação da redução unitária de 5,63 minutos pelo volume de 1.022 *setups* registrados no quadrimestre resultou em um ganho total de 95 horas e 53 minutos de tempo produtivo, conforme demonstrado na Tabela 4-3. Convertendo esse ganho em capacidade produtiva (Tabela 4-4), considerando que as duas envasadoras operam 28 horas por dia em conjunto, o tempo recuperado equivale a aproximadamente 3 dias completos de produção no quadrimestre — viabilizando 27 ordens de produção adicionais, o equivalente a 29.160 baldes de 15 litros e 437.400 litros adicionais produzidos.

Tabela 4.3 - Cálculo do ganho total de horas produtivas.

Parâmetro	Valor
Redução por setup	5,63 min
Volume de setups (jan–abr/2026)	1.022 setups
Ganho total em minutos	5.753,86 min
Ganho total em horas	95 horas e 53 minutos

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

Tabela 4.4 - Cálculo do aumento de capacidade produtiva no quadrimestre.

Parâmetro	Valor
Ganho total de tempo	95h 53min

Parâmetro	Valor
Tempo de operação das 2 envasadoras por dia	28 horas
Dias equivalentes de produção ganhos	≈ 3 dias
Ordens de produção por dia (2 envasadoras)	9 OPs
Novas ordens de produção viabilizadas	27 OPs
Baldes por ordem de produção	1.080 unidades (15L)
Baldes adicionais produzidos	29.160 baldes
Litros adicionais produzidos	437.400 litros

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

4.5 AUMENTO DE CAPACIDADE PRODUTIVA

A conversão do ganho de horas em capacidade produtiva foi realizada com base nos parâmetros operacionais das envasadoras Y e Z, projetando esses resultados para o horizonte anual (Tabela 4-5), estima-se um ganho de 9 dias de produção, 81 ordens adicionais e 1.312.200 litros de capacidade incremental — sem qualquer investimento em novos equipamentos, exclusivamente pela reorganização das atividades operacionais.

Tabela 4.5 - Projeção anual dos ganhos de capacidade produtiva.

Indicador	Quadrimestre	Projeção Anual
Dias de produção ganhos	3 dias	9 dias
Ordens de produção adicionais	27 OPs	81 OPs
Baldes adicionais (15L)	29.160	87.480
Litros adicionais	437.400 L	1.312.200 L

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

4.6 IMPACTO FINANCEIRO — SAVING

O impacto financeiro da intervenção foi calculado com base na composição do custo operacional diário das envasadoras Y e Z (Tabela 4-6), Esse custo é formado pelas áreas operacionais A, B, C e D — que englobam depreciação de equipamentos, insumos, energia e manutenção — e pelo custo com pessoas, composto pelos salários e encargos dos operadores das duas linhas. O *saving* foi calculado multiplicando o custo diário total pelo número de dias de produção recuperados: 3 dias no quadrimestre ($R\$ 41.174,00 \times 3 = R\$ 123.522,00$) e 9 dias

na projeção anual ($R\$ 41.174,00 \times 9 = R\$ 370.566,00$), conforme apresentado na Tabela 4-7. A premissa adotada é que os dias recuperados são integralmente convertidos em produção adicional, sem custos incrementais, uma vez que os recursos humanos e os equipamentos já estão alocados. Esses valores reforçam o argumento de que a aplicação do *SMED* em indústrias de processo, mesmo sem investimento tecnológico, gera retorno financeiro expressivo e mensurável, corroborando os achados de Prudêncio e Rodrigues Neto (2025) para o segmento de indústria de transformação.

Tabela 4.6 - Composição do custo operacional diário das envasadoras Y e Z.

Área	Custo Médio Diário
Área A	R\$ 4.958,00
Área B	R\$ 17.442,00
Área C	R\$ 4.040,00
Área D	R\$ 8.608,83
Pessoas	R\$ 6.161,17
Custo Total Diário	R\$ 41.174,00

Fonte: dados fornecidos pela empresa X (2026).

Tabela 4.7 - Saving financeiro obtido com a aplicação do SMED.

Horizonte	Saving
Por quadrimestre (3 dias)	R\$ 123.522,00
Projeção anual (9 dias)	R\$ 370.566,00

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

4.7 GANHOS COMPLEMENTARES

Além dos ganhos quantitativos, a aplicação do *SMED* gerou resultados complementares de expressivo valor organizacional. A transformação cultural e o engajamento das equipes operacionais foram evidenciados pelo registro de 11 sugestões de melhoria e 123 etiquetas de anomalias abertas pelos próprios operadores. A melhoria do 5S na área de envase impactou positivamente a segurança operacional e a facilidade de treinamento. O fortalecimento do sistema de gestão autônoma criou um ciclo de controle e melhoria contínua sustentado pelas próprias equipes, estabelecendo uma base sólida para a continuidade das melhorias.

4.8 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A Tabela 4-8 apresenta um comparativo entre os resultados obtidos no presente trabalho e os reportados por estudos recentes que aplicaram o *SMED* em diferentes segmentos industriais. A redução de 19,75% obtida nas envasadoras Y e Z situa-se dentro da faixa reportada na literatura para indústrias de transformação, que tendem a apresentar reduções mais conservadoras do que a manufatura discreta em função das restrições impostas pelos procedimentos de limpeza e qualidade. O resultado é especialmente consistente com o de Prudencio e Rodrigues Neto (2025), obtido em contexto industrial similar — linhas de envase de processo contínuo —, reforçando a generalização da metodologia para esse segmento. A remoção de Moreira e Pais (2011) da comparação é justificada pelo foco daquele estudo em manufatura discreta, contexto com menor aderência ao processo analisado.

Tabela 4.8 - Comparativo dos resultados do presente trabalho com estudos da literatura sobre aplicação do SMED

Estudo	Setor	Redução do tempo de setup	Método
Sugai, McIntosh e Novaski (2007)	Manufatura discreta	32%	Conversão interno→externo
Almomani et al. (2013)	Múltiplos setores	15% a 50%	Revisão sistemática
Prudencio e Rodrigues Neto (2025)	Alimentício (envase)	31%	Conversão + padronização
Fraiz et al. (2019)	Óleo e gás	27%	ECRS + redistribuição
Presente trabalho (2026)	Tintas (envase)	19,75%	Conversão + ECRS + padronização

Fonte: elaborado pelo autor (2026).

A consistência dos resultados ao longo dos quatro meses de 2026 indica que as melhorias foram efetivamente incorporadas à rotina operacional, diferenciando este resultado de ganhos pontuais que tendem a regredir após o encerramento do projeto. Essa sustentabilidade é atribuída principalmente à combinação de padronização formal, gestão autônoma pelos operadores e engajamento das equipes, fatores determinantes para a consolidação dos ganhos do Lean Manufacturing no longo prazo (Shingo, 1996; Liker, 2004).

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo aplicar a metodologia *SMED* nas linhas de envase de uma indústria de tintas, com vistas à redução do tempo de *setup* e ao aumento da capacidade produtiva. A partir dos resultados obtidos, é possível destacar que os objetivos específicos estabelecidos foram atingidos.

A implementação das três fases da metodologia, integrada às ferramentas do *TPM*, resultou em uma redução de 5,63 minutos no tempo médio de *setup*, passando de 28,51 minutos em 2025 para 22,88 minutos no primeiro quadrimestre de 2026, representando uma redução percentual de 19,75% e o atingimento consistente da meta organizacional de 25 minutos. A multiplicação dessa redução unitária pelo volume de 1.022 *setups* realizados no quadrimestre gerou um ganho total de 95 horas e 53 minutos, equivalente a 3 dias completos de operação das duas envasadoras, viabilizando 437.400 litros adicionais de capacidade produtiva e um saving financeiro de R\$ 123.522,00 no período, com projeção anual de R\$ 370.566,00, sem qualquer investimento em novos equipamentos ou contratação de pessoas.

Para além dos resultados quantitativos, o trabalho promoveu um impacto relevante na área de envase, com maior engajamento das equipes operacionais, valorização do conhecimento dos operadores e fortalecimento do sistema de gestão autônoma, fatores determinantes para a sustentabilidade dos ganhos obtidos no longo prazo.

5.1 CONTRIBUIÇÕES DO TRABALHO

Do ponto de vista prático, o presente trabalho contribui com a demonstração da aplicabilidade da metodologia *SMED* em uma indústria de transformação. Os resultados obtidos evidenciam que reduções expressivas no tempo de *setup* podem ser alcançadas sem investimento em novos equipamentos, exclusivamente por meio da reorganização das atividades operacionais e da padronização dos processos.

Do ponto de vista acadêmico, o trabalho contribui com evidências empíricas coletadas em ambiente industrial real, ao longo de mais de um ano de monitoramento, com base em 2.734 registros de *setup*. A abordagem metodológica adotada — combinando estudo de tempos, diagrama de espaguete, gráfico de Gantt e análise ECRS — pode ser replicada em outros segmentos de indústria de processo, ampliando o escopo de aplicação do *SMED* para além da manufatura discreta.

5.2 PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se:

- (a) a expansão da metodologia *SMED* para as demais linhas de envase da planta;
- (b) a investigação da aplicabilidade de técnicas complementares, como o *Poka-Yoke* e o *VSM* — *Value Stream Mapping* —, para ampliar os ganhos já obtidos.

6 REFERÊNCIAS

- ABRAFATI — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS. Em 2024, vendas de tintas tiveram forte crescimento: 6,0%. São Paulo: Abrafati, 2025. Disponível em: <https://abrafati.com.br/em-2024-vendas-de-tintas-tiveram-forte-crescimento-60/>. Acesso em: 6 jun. 2026.
- ABRAFATI — ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS FABRICANTES DE TINTAS. Indústria de tintas supera barreira de 2 bilhões de litros e consolida o Brasil como 4º maior produtor mundial. São Paulo: Abrafati, 2026. Disponível em: <https://abrafati.com.br/dados-do-setor/>. Acesso em: 6 jun. 2026.
- ALMOMANI, M. A. et al. SMED methodology implementation in manufacturing industries: a systematic review. *Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 15, n. 2, p. 201–220, 2013.
- BARNES, R. M. Estudo de movimentos e de tempos: projeto e medida do trabalho. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- LIKER, J. K. O Modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- MOXHAM, C.; GREATBANKS, R. Prerequisites for the implementation of the SMED methodology: a study in a textile processing environment. *International Journal of Quality & Reliability Management*, v. 18, n. 4, p. 404–414, 2001.
- NAKAJIMA, S. Introduction to TPM: total productive maintenance. Cambridge: Productivity Press, 1989.
- OHNO, T. O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala. Porto Alegre: Bookman, 1997.
- SHINGO, S. Sistema de Troca Rápida de Ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SUGAI, M.; McINTOSH, R. I.; NOVASKI, O. Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso. *Gestão & Produção*, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 323–335, 2007.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T. A Mentalidade Enxuta nas Empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. A Máquina que Mudou o Mundo. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

PRUDENCIO, Orlando; RODRIGUES NETO, José Benedito Tosoni Decarlis. Aplicação da metodologia SMED na indústria alimentícia: redução do tempo de setup e impacto na eficiência produtiva. Revista Interface Tecnológica, Taquaritinga, v. 22, n. 1, p. 567–577, 2025. DOI: 10.31510/infa.v22i1.2188.

FRAIZ, M. M. et al. Implementação da metodologia SMED em um processo manual: estudo de caso em uma indústria do setor de óleo e gás. Journal of Lean Systems, Curitiba, v. 4, n. 3, p. 121–145, 2019.