



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia Industrial 4.0



ANA CAROLINE DRUSZCZ DOS SANTOS
JIAN TONIAZZO
MAIKEL WEBER
RENAN BONI DA SILVA

OTIMIZAÇÃO DE SETUP DE MÁQUINA EM UMA INDÚSTRIA DE
FABRICAÇÃO DE MOLDES

CURITIBA
2024

ANA CAROLINE DRUSZCZ DOS SANTOS

JIAN TONIAZZO

MAIKEL WEBER

RENAN BONI DA SILVA

OTIMIZAÇÃO DE SETUP DE MÁQUINA EM UMA INDÚSTRIA DE FABRICAÇÃO DE MOLDES

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia da Qualidade 4.0 - Certificado Black Belt. Curso de Pós-graduação Lato Sensu, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Claudio Cesar Ferreira

**CURITIBA
2024**

RESUMO

A metodologia DMAIC é um processo sistemático e estruturado, amplamente utilizado em ambientes industriais, que visa identificar, analisar e resolver problemas, garantindo a melhoria contínua dos processos. No presente trabalho a metodologia foi aplicada em uma empresa do ramo de moldes para injeção de termoplásticos, visando a otimização do processo de usinagem através da redução de tempo de setup. As análises realizadas possibilitaram a comprovação do problema, a compreensão das causas, a utilização de ferramentas adequadas e a aplicação de ações assertivas. Com a implementação das ações foi possível obter uma redução de 37 % do tempo de setup no processo de usinagem, superando a meta estabelecida de 20 %. O desenvolvimento do projeto resultou em um retorno financeiro significativo para a empresa, comparado ao investimento realizado, além de ganhos indiretos, como a otimização dos recursos disponíveis.

Palavras-chave: Setup. Redução de tempo. Otimização.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Metodologia Seis Sigma	9
Figura 2: Processo produtivo da empresa Alfa LTDA	18
Figura 3: Confiabilidade dos dados.....	19
Figura 4: Gráfico dos tempos de setup	20
Figura 5: Meta SMART	20
Figura 6: Equipe do projeto.....	21
Figura 7: Cronograma de implementação do projeto	22
Figura 8: Termo de confidencialidade do projeto	23
Figura 9: Estratificação dos dados.....	24
Figura 10: Tempo de setup x Quantidade de OS.....	25
Figura 11: Dispersão dos tempos de setup.....	25
Figura 12: Confirmação da meta.....	26
Figura 13: Mapa do Fluxo de Valor do processo de usinagem	27
Figura 14: causas do tempo de setup elevado.....	28
Figura 15: Validação das causas	29
Figura 16: Causas fundamentais	29
Figura 17: Plano de ação para implementação das ações.....	31
Figura 18: Antes x depois da implementação das ações	32
Figura 19: Novo Mapa de Fluxo de Valor.....	32
Figura 20: Resultados atingidos	33

CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO	6
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	6
1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....	6
1.3. JUSTIFICATIVA.....	7
1.4. HIPÓTESE.....	7
1.5. OBJETIVO	7
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1. DETODOLOGIA SEIS SIGMA	8
2.2. METODOLOGIA DMAIC.....	9
2.2.1. Definir	10
2.2.2. Medir	10
2.2.3. Analisar	10
2.2.4. Melhorar	11
2.2.5. Controlar.....	11
2.3. METODOLOGIA 5S.....	12
2.4. TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS (TRF)	12
3. METODOLOGIA.....	14
3.1. FASE DEFINIR	17
3.1.1. Identificação do Problema	17
3.1.2. Métrica utilizada.....	18
3.1.3. Termos que compõe o indicador	18
3.1.4. Confiabilidade dos dados	18
3.1.5. Histórico do problema.....	19
3.1.6. Meta do projeto.....	20
3.1.7. Ganhos indiretos	21
3.1.8. Proposta do projeto	21
3.1.9. Organograma e cronograma de implementação.....	21
3.1.10.Termo de Confidencialidade	22
3.2. FASE MEDIR.....	23
3.3. FASE ANALISAR.....	26
3.4. FASE IMPLEMENTAR.....	30
3.5. FASE CONTROLAR	32
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35

5. CONCLUSÃO.....	36
5.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

A indústria de moldes e ferramentas desempenham um papel essencial em um vasto conjunto de setores, incluindo automotivo, eletrônico, alimentício, cosméticos e de bens de consumo. Nesse contexto, a habilidade de resposta rápida às demandas do mercado e a competência de produzir peças com precisão são requisitos fundamentais. No entanto, os tempos de setup prolongados podem impactar negativamente a agilidade operacional, aumentando os custos e reduzindo a eficiência.

Nos ambientes de produção industrial, a excelência operacional é uma característica crucial para garantir a competitividade e a sustentabilidade das empresas. Uma das soluções para a otimização operacional é o processo de setup, que se refere ao tempo necessário para preparar uma máquina ou equipamento para a produção de um novo lote ou produto. Em fábricas de moldes e ferramentas, onde a diversidade de peças é alta e a demanda por flexibilidade é constante, a redução do tempo de setup pode resultar em ganhos significativos de produtividade e eficiência.

A redução do tempo de setup é uma técnica fundamentada para aperfeiçoar a eficiência operacional e reduzir desperdícios em processos de fabricação. Ao minimizar o tempo de ociosidade relacionados à troca de ferramentas, ajustes de máquinas e configurações de processos, as empresas podem aumentar a utilização de seus ativos e responder de forma mais rápida e eficaz às flutuações da demanda do mercado.

A finalidade deste projeto é reduzir o tempo de setup do processo de usinagem resultando em redução do tempo de ciclo das operações e aumento da produtividade da organização.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

O elevado tempo de setup evidencia a ausência de organização adequada para disposição das ferramentas resultando em compartilhamento delas entre os operadores e aumento do tempo de ciclo. Será aplicado a metodologia DMAIC e ferramentas do Lean Manufacturing as quais compõem um método estruturado para resolução de problemas.

1.3. JUSTIFICATIVA

A redução do tempo de setup em uma fábrica de moldes é de suma importância visto que na organização em estudo deste projeto possui um índice de baixa produtividade nos centros de usinagens resultante de um elevado tempo de setup de máquinas. A aplicação deste projeto de conclusão de curso contribuirá para a excelência operacional desta fábrica através da redução de tempo de ciclo das operações.

1.4. HIPÓTESE

A aplicação de uma Matriz de Fluxo de Valor (MFV) se faz necessária visto que possibilita identificar a distribuição das atividades e bem como a identificação de gargalos existentes. Utilização da metodologia 5S e Troca Rápida de Ferramentas (TRF) contribui para elevar o nível da padronização das operações e redução de gargalos.

Devido ao trabalho ser aplicado no setor de usinagem, a Troca Rápida de Ferramentas é fundamental para o ganho de produtividade oriundo da redução de tempo de setup.

1.5. OBJETIVO

O objetivo do projeto é a redução do tempo de setup do processo de usinagem em 20 %, resultando na diminuição do tempo de ciclo das operações.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. DETODOLOGIA SEIS SIGMA

O Seis Sigma é uma metodologia estruturada de melhoria de processos, possuindo aplicação em diversas indústrias, que tem por objetivo aprimorar a qualidade dos produtos e serviços, reduzir a variabilidade nos processos e eliminar defeitos e desperdícios, com o intuito de alcançar altos níveis de desempenho e satisfação do cliente. Utilizando de ferramentas estatísticas e analíticas avançadas para identificar e solucionar problemas, além de promover uma cultura de melhoria contínua em toda a organização (Gupta & Srivastava, 2020).

Uma das principais vertentes do Seis Sigma é a padronização de processos, assegurando que as melhores práticas sejam identificadas, documentadas e aplicadas em toda a organização para alcançar consistentemente altos níveis de desempenho (Rao & Madlani, 2020).

O Seis Sigma é amplamente caracterizado como uma metodologia eficaz para alcançar a excelência operacional, objetivando a redução da variabilidade nos processos e na eliminação de defeitos. Ao padronizar e otimizar operações, as corporações podem melhorar de forma consistente sua eficiência, produtividade e qualidade, resultando em uma maior satisfação do cliente e vantagem competitiva (Gupta & Srivastava, 2021; Wang & Zhao, 2022).

A metodologia Seis Sigma está apresentada na Figura 1.

Figura 1: Metodologia Seis Sigma



Fonte: SEBRAE (2023).

2.2. METODOLOGIA DMAIC

A metodologia DMAIC é uma abordagem estruturada para a resolução de problemas e melhoria de processos. Oriunda do Seis Sigma, ela contém cinco etapas: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

O objetivo é alcançar melhorias concretas e sustentáveis nos processos existentes segundo Karthik Ramamurthy (2015), em seu livro "The Certified Six Sigma Green Belt Handbook", DMAIC é definido como "um ciclo de melhoria contínua que se concentra na análise de dados para melhorar os processos existentes".

O DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) prossegue como uma abordagem fundamental para a melhoria contínua em várias indústrias. Segundo especialistas contemporâneos, DMAIC é descrito como um "modelo comprovado para identificar, analisar e resolver problemas de maneira sistemática e orientada a dados" (Smith, 2021).

Em síntese, a metodologia DMAIC persiste em ser uma ferramenta precisa para promover a excelência operacional e desenvolvimento contínuo, fornecendo uma estrutura sistemática e baseada em dados para resolver problemas e impulsionar a inovação (Chang, 2021).

A seguir são detalhadas as fases que compõe a metodologia DMAIC.

2.2.1. Definir

No estágio inicial de "Definir", é essencial determinar claramente os objetivos do projeto e delimitar o escopo das atividades. Conforme mencionado por Johnson (2020), é essencial "definir os problemas de forma precisa e estabelecer metas mensuráveis para orientar o trabalho".

Durante esta fase inicial, o objetivo é estabelecer claramente o escopo do projeto e identificar as metas específicas a serem alcançadas. Conforme destacado por Johnson (2019), "a etapa de definição é fundamental para garantir que todos os envolvidos compreendam claramente os objetivos do projeto e o que se espera alcançar". Isso inclui definir os limites do projeto e identificar os principais interessados e suas expectativas (Smith, 2020). A definição precisa do problema ou oportunidade de melhoria é essencial para orientar o restante do processo DMAIC (Lee, 2021).

2.2.2. Medir

Durante esta fase, a equipe concentra-se na coleta de dados relevantes para entender a situação atual do processo. Como mencionado por Chang (2020), "a etapa de medição é crucial para obter uma compreensão objetiva do desempenho atual do processo". Isso envolve identificar as variáveis críticas a serem medidas e estabelecer métodos de coleta de dados confiáveis (Park, 2020). A coleta precisa de dados é essencial para informar as etapas subsequentes do processo DMAIC (Wang, 2021).

Conforme salientado por Lee (2021), "a etapa de medição é fundamental para estabelecer uma linha de base objetiva e compreender a variabilidade do processo". Isso implica identificar as métricas-chave que serão usadas para avaliar o desempenho e determinar a estabilidade do processo (Smith, 2020).

2.2.3. Analisar

Durante esta fase crítica, a equipe se dedica à análise detalhada dos dados coletados para identificar as causas raiz dos problemas e oportunidades de melhoria. Como enfatizado por Wang (2022), "a etapa de análise é crucial para entender as relações causais e identificar os principais impulsionadores do desempenho do processo". Isso requer a aplicação de ferramentas estatísticas e métodos analíticos para explorar os dados de forma eficaz (Park, 2020).

Nesta fase, a equipe se empenha em identificar padrões, tendências e relações nos dados, conforme observado por Lee (2022), "a análise cuidadosa dos dados permite que a equipe identifique as principais áreas de oportunidade para melhoria". Isso envolve a aplicação de técnicas como análise de regressão, análise de causa raiz e análise de variância para identificar as fontes de variabilidade no processo (Smith, 2019). A análise rigorosa dos dados fornece insights valiosos que orientam o desenvolvimento de soluções eficazes na próxima etapa do DMAIC.

2.2.4. Melhorar

Na fase de "Melhoria" do DMAIC, o foco está na implementação de soluções que visam eliminar as causas identificadas dos problemas e otimizar o desempenho do processo. Isso envolve a geração de ideias criativas, a realização de experimentos controlados e a análise dos resultados para determinar a eficácia das soluções propostas. É essencial garantir que as melhorias implementadas sejam sustentáveis e alinhadas aos objetivos do projeto, promovendo uma cultura de melhoria contínua dentro da organização (Six Sigma for Managers. Brue, 2022).

Uma abordagem comum durante a fase de Melhoria é a implementação de testes piloto ou experimentos para avaliar a eficácia das soluções propostas. Conforme sugerido por Van Aken et. al. (2020), "a fase de Melhoria é onde as soluções são testadas e refinadas".

Durante e após a implementação das soluções, é essencial monitorar os resultados para garantir que as melhorias planejadas estejam sendo alcançadas. Conforme destacado por Bhuiyan et. al. (2019), "a fase de melhoria não termina com a implementação; é necessário um monitoramento contínuo para garantir que as melhorias sejam sustentadas".

2.2.5. Controlar

A fase de Controle não marca o fim do processo de melhoria, mas sim o início de um ciclo de melhoria contínua. Como destacado por Bhuiyan et. al. (2020), "a etapa de Controle enfatiza a importância da melhoria contínua e da adaptação dos processos para enfrentar novos desafios e oportunidades".

Durante essa fase, é importante fornecer treinamento e capacitação contínuos para os membros da equipe e outras partes interessadas envolvidas nos processos

melhorados. Conforme mencionado por Pereira et. al. (2021), "o treinamento contínuo é uma parte essencial da etapa de Controle para garantir que as práticas atualizadas sejam compreendidas e seguidas por todos os envolvidos".

2.3. METODOLOGIA 5S

A metodologia 5S é amplamente reconhecida por sua capacidade de melhorar a organização, eficiência e segurança no local de trabalho. Como destacado por Oliveira et. al. (2017), "o 5S é uma ferramenta de gestão que visa à organização e padronização do ambiente de trabalho, contribuindo para a melhoria contínua dos processos".

A aplicação do método 5S tem sido observada em uma variedade de contextos, desde indústrias de manufatura até instituições de ensino. Segundo Costa et. al. (2018), "o 5S tem sido adaptado com sucesso em diferentes setores, demonstrando sua versatilidade e aplicabilidade em diferentes ambientes de trabalho".

A aplicação do método 5S tem sido associada a ganhos significativos de tempo em diferentes contextos operacionais. Segundo Costa et. al. (2018), "a implementação do 5S tem levado a uma redução no tempo de setup e troca de ferramentas em processos de manufatura, resultando em ciclos de produção mais curtos e maior flexibilidade".

2.4. TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS (TRF)

A troca rápida de ferramentas é um conjunto de procedimentos que visa minimizar o tempo necessário para substituir as ferramentas em um processo de fabricação. Segundo Smith et. al. (2015), essa metodologia é essencial para reduzir o tempo de inatividade das máquinas, aumentar a eficiência operacional e facilitar a produção de lotes menores com maior frequência.

Troca rápida de ferramentas é um conjunto de técnicas e procedimentos empregados para reduzir o tempo necessário para alterar as configurações de uma máquina entre diferentes produtos ou lotes de produção. Como mencionado por Jones e Womack (2003), essa metodologia é fundamental para eliminar desperdícios e aumentar a flexibilidade operacional em ambientes de fabricação.

A metodologia de troca rápida de ferramentas é uma abordagem sistemática para reduzir o tempo necessário para alterar as configurações de uma máquina entre

diferentes produtos ou lotes de produção. Conforme destacado por Black et. al. (2010), essa metodologia é crucial para aumentar a eficiência operacional, reduzir os tempos de inatividade das máquinas e melhorar a capacidade de resposta às mudanças na demanda do mercado.

3. METODOLOGIA

A metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) é um ciclo de melhoria contínua utilizado em projetos de Seis Sigma para aprimorar processos e resolver problemas. Este trabalho detalha a aplicação da metodologia DMAIC, organizando as etapas de forma estruturada para alcançar os objetivos do projeto.

A seguir, cada etapa do DMAIC é descrita com os parâmetros específicos necessários para a definição do escopo, identificação e análise de problemas, proposição de soluções e verificação dos resultados.

- **Metodologia DMAIC**

A metodologia DMAIC aplicada neste projeto foi composta por cinco fases principais, cada uma com objetivos e atividades específicas:

1. Definir (Define):

- a. Identificar o problema ou a oportunidade de melhoria;
- b. Definir claramente os objetivos do projeto e o escopo;
- c. Justificar a necessidade do projeto com base em dados e alinhamento estratégico;
- d. Organizar a equipe do projeto e os recursos necessários.

2. Medir (Measure):

- a. Coletar dados relevantes para entender o estado atual do processo;
- b. Identificar métricas-chave de desempenho;
- c. Validar a precisão e a relevância dos dados coletados.

3. Analisar (Analyze):

- a. Realizar uma análise detalhada dos dados coletados para identificar causas raiz do problema;
- b. Utilizar ferramentas estatísticas e de qualidade para identificar padrões e relações causais.

4. Melhorar (Improve):

- a. Propor e testar soluções para eliminar ou reduzir as causas raiz;
- b. Implementar as melhorias de forma controlada e monitorada;
- c. Validar a eficácia das soluções implementadas.

5. Controlar (Control):

- a. Estabelecer mecanismos de controle para garantir que as melhorias sejam sustentáveis;

- b. Monitorar continuamente o processo para prevenir o retorno dos problemas;
- c. Documentar e padronizar as melhores práticas.

- **Roadmap**

A partir da metodologia DMAIC, alguns parâmetros foram definidos através de um roadmap para definir as necessidades do cliente e o escopo do projeto com precisão , conforme passo a passo a seguir:

- 1) Definição do Problema:
 - a) Descrever claramente o problema a ser resolvido;
 - b) Utilizar ferramentas como SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) para mapear o processo atual.
- 2) Justificar o Projeto:
 - a) Apresentar evidências da relevância do problema;
 - b) Demonstrar os impactos negativos do problema e os benefícios esperados com a sua resolução.
- 3) Organizar o Projeto:
 - a) Formar a equipe do projeto com os stakeholders relevantes;
 - b) Estabelecer um cronograma detalhado e os recursos necessários;
 - c) Definir com Clareza os Focos do Problema.
- 4) Definir as Metas Prioritárias:
 - a) Estabelecer metas específicas, mensuráveis, alcançáveis, relevantes e temporais (SMART);
 - b) Alinhar as metas com os objetivos estratégicos da organização.
- 5) Realizar a Estratificação:
 - a) Dividir o problema em partes menores e mais gerenciáveis;
 - b) Identificar subproblemas e suas respectivas causas.
- 6) Planejamento da Estratificação:
 - a) Desenvolver um plano para coletar dados específicos sobre cada subproblema;
 - b) Utilizar técnicas como Brainstorming, Diagramas de Ishikawa e Pareto para auxiliar na estratificação.

- **Análise das causas**

Para análise das causas do problema serão avaliados os motivos, onde e como os problemas acontecem, conforme passo a passo a seguir:

- 1) Mapeamento do Processo:
 - a) Criar um mapa detalhado do processo atual;
 - b) Identificar os pontos críticos e os gargalos do processo.
- 2) Levantamento e Priorização das Causas:
 - a) Utilizar ferramentas como Análise de Causa-Raiz (RCA) para identificar as causas dos problemas;
 - b) Priorizar as causas com base no impacto e na frequência.
- 3) Quantificação das Causas:
 - a) Coletar dados quantitativos para medir a extensão das causas identificadas;
 - b) Validar a relevância das causas com dados concretos.

- **Proposição das Soluções e Melhorias**

Para implementação das soluções de forma efetiva os passos a seguir foram seguidos:

- 1) Detalhe e implementação das soluções:
 - a) Desenvolver soluções detalhadas para as causas identificadas;
 - b) Planejar a implementação das soluções de forma piloto.
- 2) Priorização das Soluções:
 - a) Avaliar as soluções com base em critérios como custo, tempo de implementação e impacto;
 - b) Priorizar as soluções que oferecem maior benefício com menor custo.
- 3) Proposta de Soluções:
 - a) Apresentar um plano de ação detalhado para a implementação das soluções;
 - b) Definir responsáveis, prazos e recursos necessários.

- **Alcance da meta**

As etapas a seguir compreendem a verificação do alcance da meta e perenização do resultado:

- 1) Verificar o Alcance da Meta:
 - a) Comparar os resultados obtidos com as metas estabelecidas;
 - b) Utilizar métricas e indicadores de desempenho para avaliar o sucesso das melhorias.
- 2) Ganhos Financeiros:
 - a) Calcular os benefícios financeiros decorrentes das melhorias implementadas;
 - b) Comparar os ganhos com os custos do projeto para determinar o retorno sobre o investimento (ROI).
- 3) Plano para Manter o Resultado:
 - a) Desenvolver um plano de controle para garantir a sustentabilidade das melhorias;
 - b) Implementar procedimentos de monitoramento contínuo e auditorias periódicas;
 - c) Treinar a equipe para manter as novas práticas e prevenir o retorno dos problemas.

3.1. FASE DEFINIR

3.1.1. Identificação do Problema

No processo de produção de moldes de injeção plástica da renomada empresa Alfa LTDA. foi identificado um problema significativo, relacionado ao elevado tempo de setup na usinagem. Este problema resulta em um aumento considerável no tempo de ciclo do processo produtivo, impactando negativamente a capacidade de atendimento ao mercado e a satisfação dos clientes.

O processo produtivo é composto pelo setor de eletroerosão, montagem e centro de usinagem, conforme apresentado na Figura 2.

Figura 2: Processo produtivo da empresa Alfa LTDA



Fonte: Os autores (2024).

3.1.2. Métrica utilizada

Para medir o impacto do problema e avaliar a eficácia das soluções propostas, utilizaremos a fórmula do indicador, conforme apresentado na Equação 1.

$$\% \text{ Redução} = 100 - \frac{\text{Tempo de setup final}}{\text{Tempo de setup inicial}} * 100 \quad \text{Equação 1}$$

3.1.3. Termos que compõe o indicador

O indicador apresenta os seguintes termos:

- **Ordem de Serviço (OS):** Trata-se de uma tarefa atribuída à produção, consistindo na injeção de um molde específico para um cliente determinado. Este documento detalha a quantidade de peças, especificações dimensionais e demais observações pertinentes à produção.
- **Setup:** Refere-se à preparação das máquinas e equipamentos para a produção de um determinado produto. Esta preparação não se limita necessariamente à troca de ferramenta, podendo envolver a substituição de um artigo, como por exemplo, a mudança de produção do carro A para o carro B.

3.1.4. Confiabilidade dos dados

Os dados utilizados nesta análise (apresentados na Figura 3) foram meticulosamente extraídos do diário de bordo das máquinas, auditados pelo setor de qualidade da empresa e aprovados pelo coordenador do setor de qualidade, assegurando sua precisão e integridade.

Figura 3: Confiabilidade dos dados

DMG				GT 105 2008				Máquinas				SINITRON				GT 105 2006			
Data	OS	Tempo de setup	Diário	Data	OS	Tempo de setup	Diário	Data	OS	Tempo de setup	Diário	Data	OS	Tempo de setup	Diário	Data	OS	Tempo de setup	Diário
21/02/2024	4837	00:20	02:20	21/02/2024	4401	00:25	01:40	21/02/2024	4986	00:35	02:38	21/02/2024	4567	00:05	04:04	21/02/2024	4401	00:20	00:40
	4550	01:25			4401	00:02			4986	00:19			4567	00:02			4401	00:10	
	4550	00:20			4401	00:05			4986	00:04			4567	00:32			4401	00:05	
	4550	00:30			4401	00:05			4986	00:03			4567	01:40			4401	00:05	
22/02/2024	4550	01:00	02:26	22/02/2024	4401	00:05	01:40	22/02/2024	4986	00:25	02:55	22/02/2024	4837	00:20	03:02	22/02/2024	4925	00:10	05:15
	4550	00:07			4401	00:05			4986	00:06			4837	00:10			4925	00:55	
	4550	00:12			4401	00:05			4986	00:04			4837	00:25			4925	00:10	
	4837	00:35			4401	00:05			4621	00:28			4837	00:05			4567	00:10	
23/02/2024	4837	00:02	02:58	23/02/2024	4401	00:15	04:15	23/02/2024	4957	00:20	09:29	23/02/2024	4837	00:15	02:05	23/02/2024	4567	00:25	03:17
	4837	00:12			4401	00:07			4598	00:15			4837	00:10			4401	00:15	
	4837	00:25			4401	00:25			4598	00:03			4837	00:05			4550	00:05	
	4837	00:05			4401	00:15			4884	00:10			4567	00:07			4401	01:05	
24/02/2024	4837	00:03	01:11	24/02/2024	4401	00:20	01:11	24/02/2024	4800	00:35	03:00	24/02/2024	4567	00:25	03:45	24/02/2024	4401	00:10	01:45
	4837	00:05			4401	00:10			4800	00:05			4567	00:40			4401	00:10	
	4837	00:22			4401	00:05			4800	00:12			4401	00:05			4401	00:45	
	4837	00:23			4401	00:25			4472	00:04			4401	00:15			4401	01:10	
26/02/2024	4837	01:30	02:55	26/02/2024	4401	00:05	07:15	26/02/2024	4472	00:09	01:50	26/02/2024	4401	00:25	03:14	26/02/2024	4401	00:15	03:50
	4837	00:05			4401	00:05			4900	00:18			4401	00:15			4401	00:25	
	4837	00:06			4401	00:05			4901	00:35			4401	00:20			4401	00:15	
	4837	00:22			4401	00:15			4901	00:29			4401	00:15			4401	00:15	
27/02/2024	4837	00:05	09:15	27/02/2024	4401	00:05	03:49	27/02/2024	4884	03:30	08:24	27/02/2024	4401	00:10	03:45	27/02/2024	4401	00:05	01:45
	4837	00:03			4401	00:05			4800	01:00			4401	00:10			4401	00:05	
	4837	00:02			4401	00:05			4800	00:18			4926	00:10			4550	00:07	
	4837	00:37			4401	00:05			4319	00:33			4401	00:10			4550	00:10	
28/02/2024	4837	01:15	03:32	28/02/2024	4401	00:30	04:12	28/02/2024	4901	01:10	01:00	28/02/2024	4401	00:15	03:14	28/02/2024	4401	00:20	02:57
	4837	00:05			4401	00:10			4949	02:10			4401	00:10			4550	00:25	
	4837	00:13			4401	00:10			4902	03:00			4401	00:10			4401	00:45	
	4837	00:07			4401	00:05			4902	01:00			4401	00:10			4401	00:20	
29/02/2024	4837	00:03	02:14	29/02/2024	4401	00:35	01:47	29/02/2024	4512	00:15	01:00	29/02/2024	4839	00:20	03:45	29/02/2024	4401	00:15	01:45
	4837	00:03			4401	00:04			4512	00:30			4401	00:40			4598	00:15	
	4837	00:45			4401	00:15			4901	01:14			4401	00:30			4550	01:30	
	4837	00:26			4401	00:26			4901	00:10			4401	01:15			4401	02:00	
01/03/2024	4837	00:30	02:50	01/03/2024	4401	01:11	03:49	01/03/2024	4621	02:00	01:00	01/03/2024	4401	00:25	03:14	01/03/2024	4401	00:30	02:15
	4837	00:05			4401	00:15			4621	04:15			4401	00:30			4401	00:30	
	4837	00:10			4401	00:25			4901	00:30			4401	00:10			4401	00:30	
	4837	00:10			4401	00:30			4902	00:30			4401	00:10			4401	00:30	
02/03/2024	4837	00:15	01:20	02/03/2024	4401	00:30	03:49	02/03/2024	4567	00:34	01:00	02/03/2024	4401	00:15	03:14	02/03/2024	4401	00:30	02:15
	4837	00:07			4401	00:15			4567	00:10			4401	00:10			4401	00:30	
	4837	00:03			4401	00:22			4567	00:34			4401	00:10			4401	00:30	
	4837	00:05			4401	00:07			4567	00:34			4401	00:10			4401	00:30	
04/03/2024	4837	00:03	01:38	04/03/2024	4401	00:22	03:49	04/03/2024	4567	00:34	01:00	04/03/2024	4401	00:10	03:14	04/03/2024	4401	00:30	02:15
	4837	00:07			4401	00:10			4567	00:34			4401	00:10			4401	00:30	
	4837	00:03			4401	00:03			4567	00:34			4401	00:10			4401	00:30	
	4837	00:05			4401	00:06			4567	00:34			4401	00:10			4401	00:30	
05/03/2024	4837	00:04	01:00	05/03/2024	4401	00:05	03:49	05/03/2024	4567	00:34	01:00	05/03/2024	4401	00:10	03:14	05/03/2024	4401	00:30	02:15
	4837	00:10			4401	00:05			4567	00:34			4401	00:10			4401	00:30	
	4837	00:15			4401	00:05			4567	00:34			4401	00:10			4401	00:30	
	4837	00:30			4401	00:05			4567	00:34			4401	00:10			4401	00:30	
06/03/2024	4837	00:15	01:45	06/03/2024	4401	00:05	03:49	06/03/2024	4567	00:34	01:00	06/03/2024	4401	00:10	03:14	06/03/2024	4401	00:30	02:15
	4837	00:15			4401	00:05			4567	00:34			4401	00:10			4401	00:30	
	4837	00:15			4401	00:05			4567	00:34			4401	00:10			4401	00:30	
	4837	00:30			4401	00:05			4567	00:34			4401	00:10			4401	00:30	
Média Tempo de Setup/Dia			02:15	Média Tempo de Setup/Dia			03:49	Média Tempo de Setup/Dia			04:10	Média Tempo de Setup/Dia			03:14	Média Tempo de Setup/Dia			02:57

Fonte: Os autores (2024).

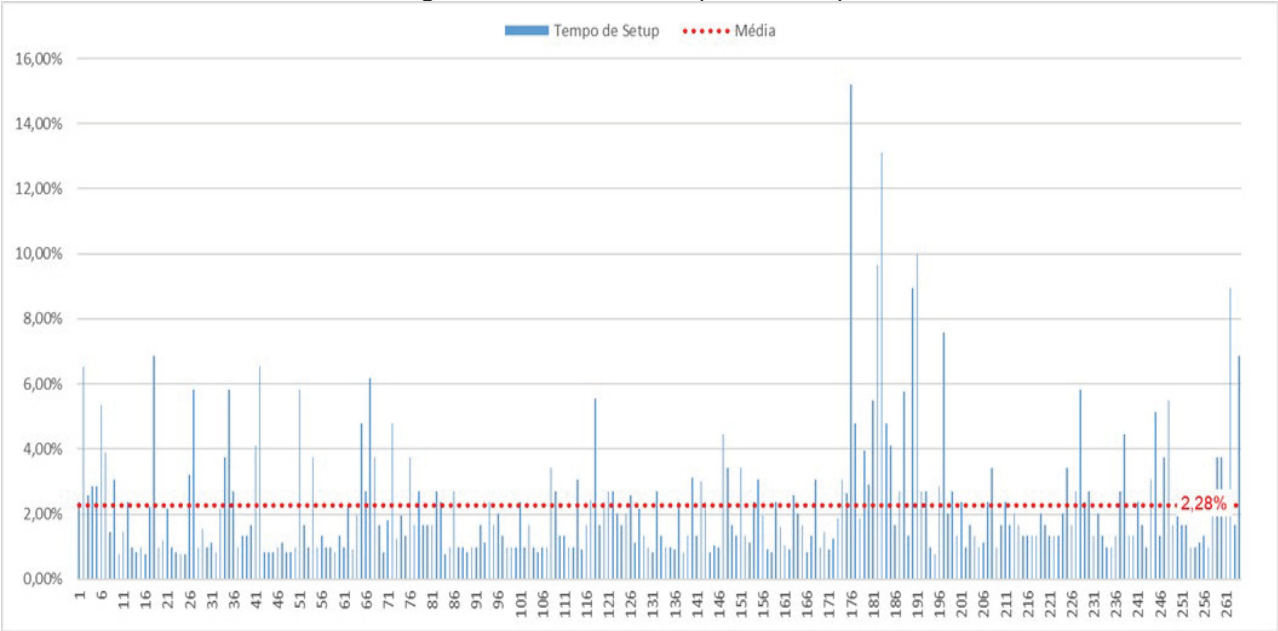
3.1.5. Histórico do problema

Através de uma análise criteriosa de 264 amostras, constatou-se uma média de tempo de setup de 32 minutos e 50 segundos, com alta variabilidade, apresentando tempos que variam entre 11 minutos e 3 horas e 39 minutos. Este elevado tempo e grande variabilidade indicam uma falta de metodologia e padrão na execução das atividades.

De acordo com a metodologia de Sistemas de Troca Rápida de Ferramentas (SMED), o objetivo é trabalhar com tempos de setup na casa de um único dígito, em minutos.

Os dados de tempo de setup estão representados no gráfico da Figura 4.

Figura 4: Gráfico dos tempos de setup



Fonte: Os autores (2024).

3.1.6. Meta do projeto

A meta estabelecida para este projeto é a redução do tempo de setup do processo de injeção em 20%, resultando em uma economia mensal estimada de 8 mil reais.

A meta foi definida utilizando a metodologia SMART, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5: Meta SMART

S	Redução do tempo de setup de injeção em 20%
M	Realizado através do indicador Percentual de redução do tempo de Setup
A	A análise de recursos foi realizada em gembu e reunião junto ao champion da área, partindo das premissas: Coleta de dados e informações
R	O tempo de setup permite um ganho direto no atendimento e no aumento do rendimento operacional da empresa, flexibilização dos produtos, redução de desperdício e armazenamento de
T	3 meses de medição, análise e ação

Fonte: Os autores (2024).

3.1.7. Ganhos indiretos

Os ganhos indiretos esperados com a implementação do projeto incluem:

- Aumento da flexibilidade na execução das Ordens de Serviço;
- Redução do tempo de parada das máquinas;
- Otimização dos recursos disponíveis;
- Aumento da flexibilidade operacional;
- Redução do tempo de ciclo de produção.

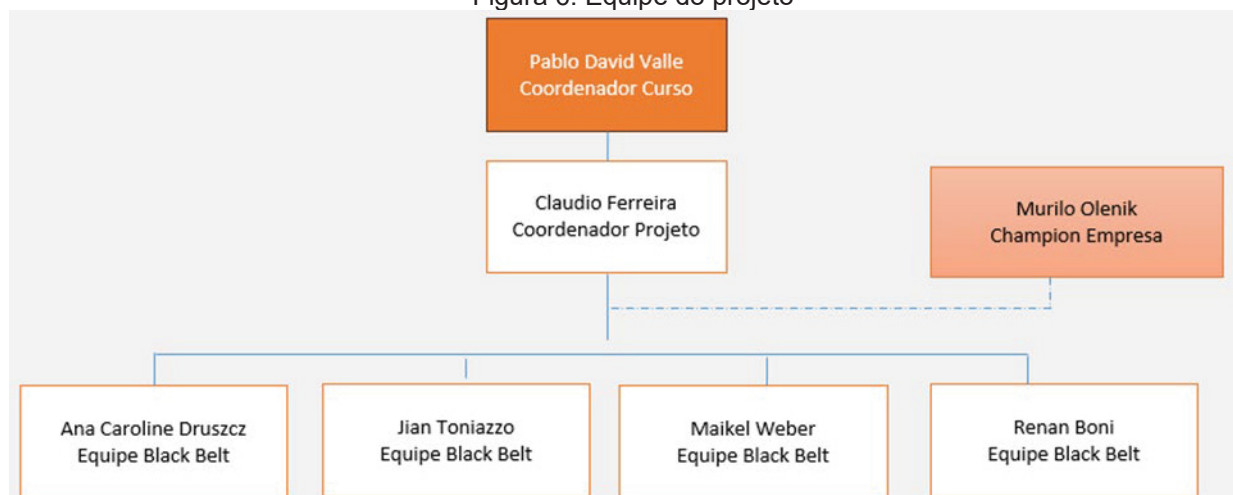
3.1.8. Proposta do projeto

A proposta do projeto é viável devido ao ganho direto esperado através de um "quick win" e aos baixos recursos necessários para sua implementação, especialmente quando comparados ao potencial de ganho.

3.1.9. Organograma e cronograma de implementação

O organograma com a estrutura da equipe responsável pelo projeto está apresentado na figura 6 e o cronograma de implementação do projeto está apresentado na Figura 7.

Figura 6: Equipe do projeto

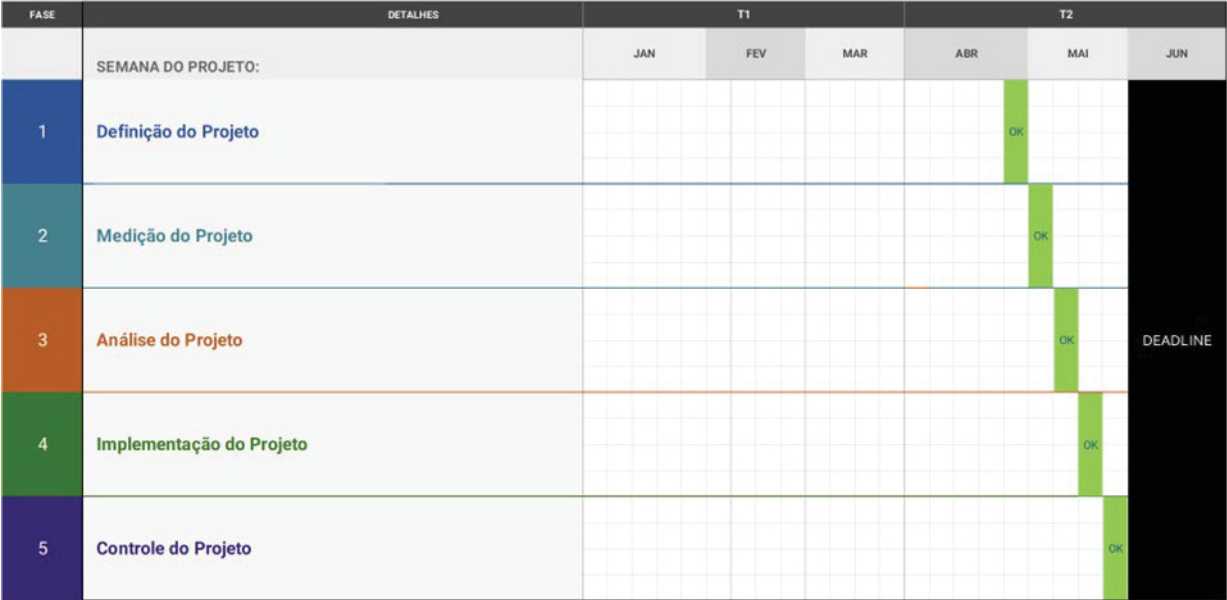


Fonte: Os autores (2024).

Figura 7: Cronograma de implementação do projeto

PROJETO BLACK BELT ALFA

TÍTULO DO PROJETO	Black Belt	NOME DA EMPRESA	Alfa (Confidencial)
GERENTE DO PROJETO	Claudio Ferreira	DATA	03/05/24



Fonte: Os autores (2024).

3.1.10. Termo de Confidencialidade

Os termos de confidencialidade, apresentados na Figura 8, foram validados entre o corpo docente e a empresa, conforme solicitado pela empresa para a supressão da razão social.

Figura 8: Termo de confidencialidade do projeto

Business Case

Champion Responsável: Murilo Olenik

Candidatos:
1- Jian Toniazzi
2- Mikael Weber
3- Renan Boni
4- Ana Caroline Druzcz

Projeto nº:

Empresa: Artis Matriz

Título do Projeto: **Otimização de Setup de Máquina**

Prazo do Projeto: ☒ Médio Prazo ☐ Longo Prazo

Data de Elaboração do Business Case: 30/04/2023

Revisão: 1

Descrição do Problema/Oportunidade:
No processo de produção de moldes de injeção plástica, da empresa Alfa Ltda, há um elevado lead time de setup na usinagem, que impacta em um elevado tempo de ciclo do processo produtivo e consequentemente na capacidade de atendimento do mercado e ao cliente.

Meta Geral:
Reduzir o tempo de setup do processo de injeção em 20% (+ 8 KBRL de Saving mensal)

Ganhos Resultantes da Execução do Projeto (Diretos/Indiretos):
- Aumento do Rendimento Operacional
- Redução do Tempo de Ciclo do Produto
- Otimização da mão de obra para a operação da fábrica
- Maior flexibilidade no atendimento dos tipos de produtos produzidos
- Redução de armazenamento e desperdício de peças

Pós-graduação em Engenharia de Qualidade 4.0 - Certificado Black Belt

Termo de Confidencialidade
Projeto Interação Universidade & Empresa

O presente documento, assinado nesta data, tem o objetivo de firmar um acordo mútuo para o desenvolvimento de projetos envolvendo a UFPR com a empresa **Artis Matriz Indústria de Matrízes Ltda.** Os estudantes envolvidos no trabalho pertencem ao Instituto de Soluções Tecnológicas Aplicadas da Universidade Federal do Paraná e estão sob orientação do Prof. Dr. Pablo David Valle.

O objetivo central é desenvolver projetos aplicando tecnologias 4.0 e metodologia Six Sigma com o intuito de melhorar a capacidade de um processo ou serviço da organização. Os projetos serão realizados por estudantes devidamente matriculados na UFPR, devendo o presente acordo seguir os seguintes parâmetros:

- 1) A empresa **Artis Matriz Indústria de Matrízes Ltda.** determinará quais processos críticos deverão ser alvo do(s) projeto(s);
- 2) Os estudantes irão conduzir os projetos sob orientação do professor supervisor e de um responsável pela empresa;
- 3) Os estudantes apresentarão os resultados após o desenvolvimento de todas as etapas ou quando for solicitado pela empresa;
- 4) Eventuais patentes desenvolvidas por conta do projeto pertencerão à empresa. A UFPR será coautora, mas sem obtenção de qualquer ganho patrimonial sobre o(s);
- 5) A UFPR e seus estudantes não poderão obter lucros ou qualquer tipo de ganho econômico com a eventual patente;
- 6) Os resultados e detalhes do processo somente poderão ser utilizados para fins acadêmicos e divulgados nestes mesmos meios, mediante prévia anuência da empresa;
- 7) Os resultados e detalhes do processo não poderão, em hipótese alguma, serem cedidos ou licenciados para outras empresas, sejam elas concorrentes ou não;
- 8) A empresa, poderá utilizar eventuais patentes da maneira como bem entender, sem necessidade de solicitar qualquer tipo de autorização da UFPR, estudantes ou orientadores. Neste caso a empresa não terá de remunerar ou pagar qualquer valor ou royalties para os coautores (se for o caso);

Fonte: Os autores (2024).

3.2. FASE MEDIR

Durante a fase *Measure*, buscamos compreender a extensão do problema identificado, utilizando uma abordagem estratificada para analisar os dados. Nossa estratégia envolveu a utilização de uma variável temporal como fator estratificador, permitindo a divisão dos dados em subgrupos distintos. Esta abordagem visava investigar se o tempo exercia um papel significativo como causa especial do problema em questão.

A estratificação dos dados foi conduzida com confiabilidade, respaldada por um acompanhamento e coleta de informações in loco, através de relatos dos colaboradores, além da realização de cronoanálises para mensurar o tempo de setup envolvido. Adicionalmente, a obtenção dos dados foi corroborada pelo diário de bordo das máquinas, com o suporte do Planejamento e Controle da Produção (PCP) da empresa.

Os dados estratificados estão apresentados na Figura 9.

Figura 9: Estratificação dos dados

Máquina	O.S.	tempo de setup	Máquina	O.S.	tempo de setup	Máquina	O.S.	tempo de setup	Máquina	O.S.	tempo de setup	Máquina	O.S.	tempo de setup
DMG	5050	00:30	DMG	5050	00:15	GT 66	5086	00:30	SINITRON	5001	00:35	GT 105 2006	5005	00:15
DMG	5050	00:30	DMG	5050	00:10	GT 66	5143	00:15	SINITRON	5001	00:30	GT 105 2006	5005	00:15
DMG	5050	00:05	DMG	5115	00:15	GT 66	5086	00:10	SINITRON	5001	00:40	GT 105 2006	5005	00:10
DMG	5050	00:15	DMG	4999	00:20	GT 66	5086	00:10	SINITRON	5001	00:05	GT 105 2006	5005	00:15
DMG	5050	00:05	DMG	4999	00:25	GT 66	5050	00:45	SINITRON	5086	00:10	GT 105 2006	5000	00:57
DMG	5050	00:10	DMG	5001	00:20	GT 66	5050	00:14	SINITRON	5086	00:05	GT 105 2006	5000	00:10
DMG	5050	00:05	DMG	5001	00:15	GT 66	5041	00:19	SINITRON	5001	00:30			
DMG	5050	00:05	DMG	5001	00:15	GT 66	5000	00:30	SINITRON	5001	00:45			
DMG	4911	00:40	GT 105 2008	5003	00:55	GT 66	5086	00:20	SINITRON	5001	00:20			
DMG	4911	00:40	GT 105 2008	5003	00:20	GT 66	5086	00:55	SINITRON	5001	00:30			
DMG	4911	00:05	GT 105 2008	5003	00:15	GT 66	5050	00:10	SINITRON	5001	00:15			
DMG	4913	00:15	GT 105 2008	5003	00:15	GT 66	5000	00:13	SINITRON	5001	00:20			
DMG	4913	00:20	GT 105 2008	5003	00:25	GT 66	5050	00:05	SINITRON	4999	00:20			
DMG	4913	00:30	GT 105 2008	5003	00:30	GT 66	5000	00:20	SINITRON	4999	00:30			
DMG	4913	00:25	GT 105 2008	5003	00:10	GT 66	5086	00:15	SINITRON	4999	00:15			
DMG	4913	00:30	GT 105 2008	5003	00:15	GT 66	5050	00:48	SINITRON	5001	00:50			
DMG	4911	00:20	GT 105 2008	5003	00:15	GT 66	5100	00:15	SINITRON	4999	00:15			
DMG	4911	00:05	GT 105 2008	5003	00:25	GT 66	5096	00:20	SINITRON	4999	00:45			
DMG	4911	00:30	GT 105 2008	5003	00:15	GT 66	5166	00:15	GT 105 2006	5086	00:58			
DMG	4913	00:40	GT 105 2008	5003	00:20	GT 66	5162	00:09	GT 105 2006	5086	00:05			
DMG	5115	00:15	GT 105 2008	5003	00:25	GT 66	5000	00:04	GT 105 2006	5086	00:05			
DMG	5116	00:45	GT 105 2008	5003	00:45	GT 66	5096	00:44	GT 105 2006	5086	00:05			
DMG	5117	00:20	GT 105 2008	5003	00:10	GT 66	5162	00:15	GT 105 2006	5086	00:10			
DMG	5118	00:05	GT 105 2008	5003	00:10	GT 66	5096	00:10	GT 105 2006	5086	00:30			
DMG	5115	00:05	GT 105 2008	5003	00:10	GT 66	5096	00:03	GT 105 2006	5086	00:05			
DMG	5115	00:17	GT 105 2008	5003	00:10	GT 66	5170	00:57	GT 105 2006	5086	00:20			
DMG	5115	00:15	GT 105 2008	5003	00:20	GT 66	5170	00:20	GT 105 2006	5086	00:10			
DMG	5115	00:15	GT 105 2008	5003	00:05	GT 66	5000	00:51	GT 105 2006	5041	00:25			
DMG	4999	00:45	GT 105 2008	5041	00:45	GT 66	5050	00:29	GT 105 2006	5041	00:01			
DMG	4999	00:20	GT 105 2008	5041	00:35	GT 66	5000	00:10	GT 105 2006	5005	00:15			
DMG	4999	00:20	GT 105 2008	5041	00:30	GT 66	5000	00:15	GT 105 2006	5041	00:30			
DMG	4999	00:20	GT 105 2008	5041	00:30	GT 66	5115	00:52	GT 105 2006	5041	00:10			
DMG	4550	00:20	GT 105 2008	5041	00:35	GT 66	5162	00:10	GT 105 2006	5005	00:30			
DMG	4999	00:10	GT 105 2008	5041	00:25	GT 66	5000	00:28	GT 105 2006	5005	00:10			
DMG	4999	00:15	GT 105 2008	5003	00:20	GT 66	5050	00:47	GT 105 2006	5005	00:40			
DMG	4999	00:10	GT 105 2008	5003	00:15	SINITRON	5086	00:45	GT 105 2006	5005	00:05			
DMG	4999	00:10	GT 105 2008	5003	00:10	SINITRON	5086	00:02	GT 105 2006	5005	00:10			
DMG	4999	00:10	GT 105 2008	5003	00:05	SINITRON	5086	00:15	GT 105 2006	5005	00:10			
DMG	4999	00:10	GT 105 2008	5003	00:03	SINITRON	5086	00:05	GT 105 2006	5005	00:30			
DMG	5115	00:25	GT 105 2008	5003	00:05	SINITRON	5001	00:50	GT 105 2006	5005	00:15			
DMG	5115	00:15	GT 66	5086	00:15	SINITRON	5001	00:30	GT 105 2006	5005	00:10			
DMG	5050	00:10	GT 66	5086	00:15	SINITRON	5001	00:40	GT 105 2006	5005	00:10			

Fonte: Os autores (2024).

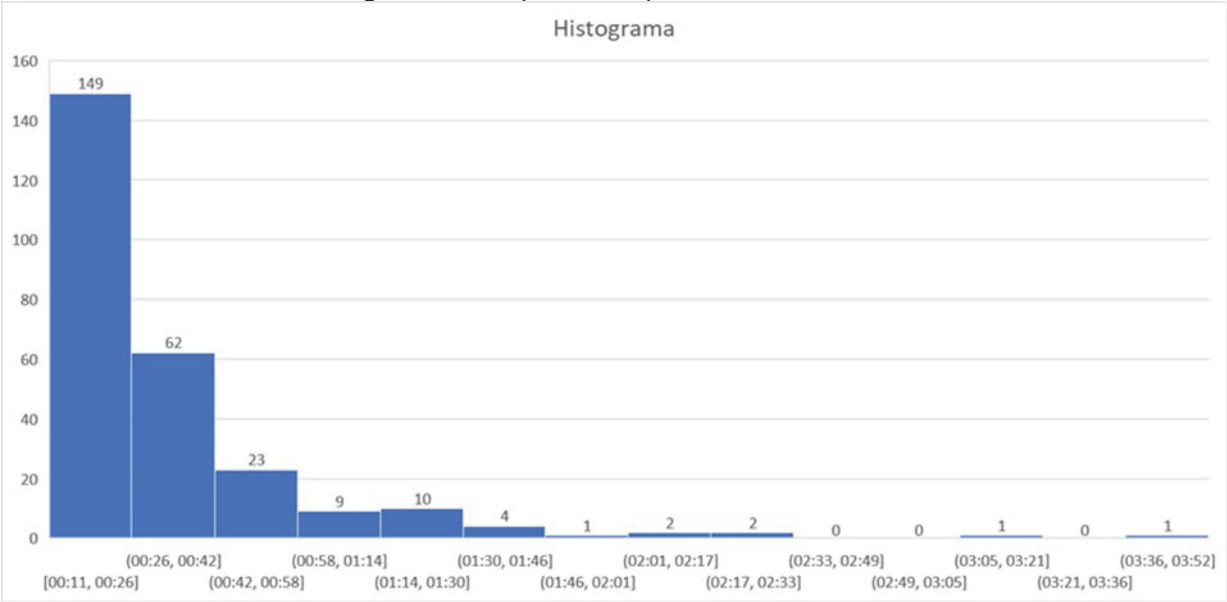
Ao analisarmos os estratos resultantes, identificamos que os principais focos do problema estavam associados a intervalos de tempo prolongados e alta variabilidade.

Esta constatação foi ratificada durante a confirmação das amostras, onde, das 264 observações analisadas, foi constatada uma média de 32 minutos e 50 segundos, com uma notável dispersão, variando entre 11 minutos e 3 horas e 39 minutos.

A elevada duração do tempo de setup, aliada à sua grande variabilidade, sugere fortemente a ausência de uma metodologia e padrões definidos para a atividade em questão. Conforme preconizado pela metodologia de Sistemas de Troca Rápida de Ferramentas (SMED), é imperativo trabalhar na escala do dígito único, ou seja, em minutos.

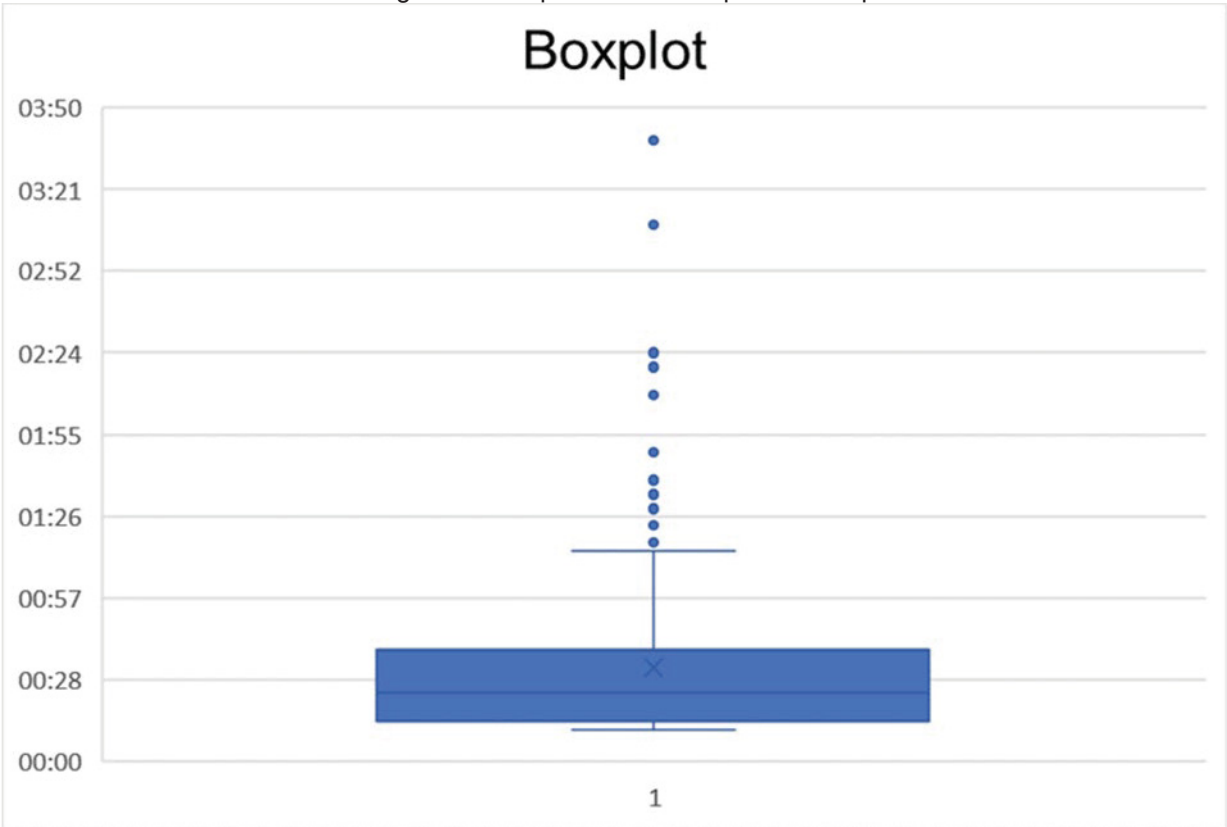
A variabilidade dos dados pode ser observada tanto no histograma apresentado na Figura 10 quanto no boxplot apresentado na Figura 11.

Figura 10: Tempo de setup x Quantidade de OS



Fonte: Os autores (2024).

Figura 11: Dispersão dos tempos de setup

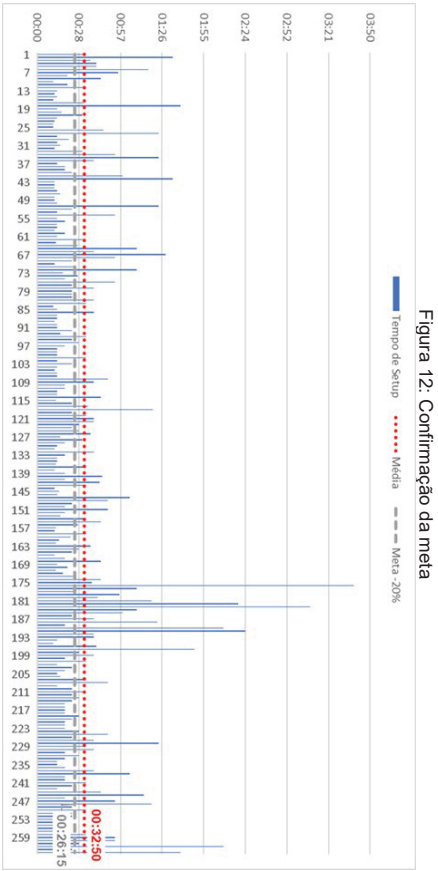


Fonte: Os autores (2024).

Diante desse cenário, tornou-se evidente a necessidade de adotar ações específicas para alcançar as metas estabelecidas. Entre essas ações, destacam-se a identificação e mapeamento do fluxo de valor do processo, visando a redução de lacunas e ineficiências, a implementação de ferramentas de otimização de tempo e movimento, como as metodologias 5S e *Lean Manufacturing*, bem como o abastecimento adequado de materiais de reposição e produção, visando a aplicação de um tempo de setup otimizado.

Acreditamos que a redução e simplificação do processo, alcançando essas otimizações específicas, contribuirá significativamente para o alcance da meta geral estabelecida.

A meta estabelecida foi traçada no gráfico de tempo de setup, conforme apresentado na Figura 12.



Fonte: Os autores (2024).

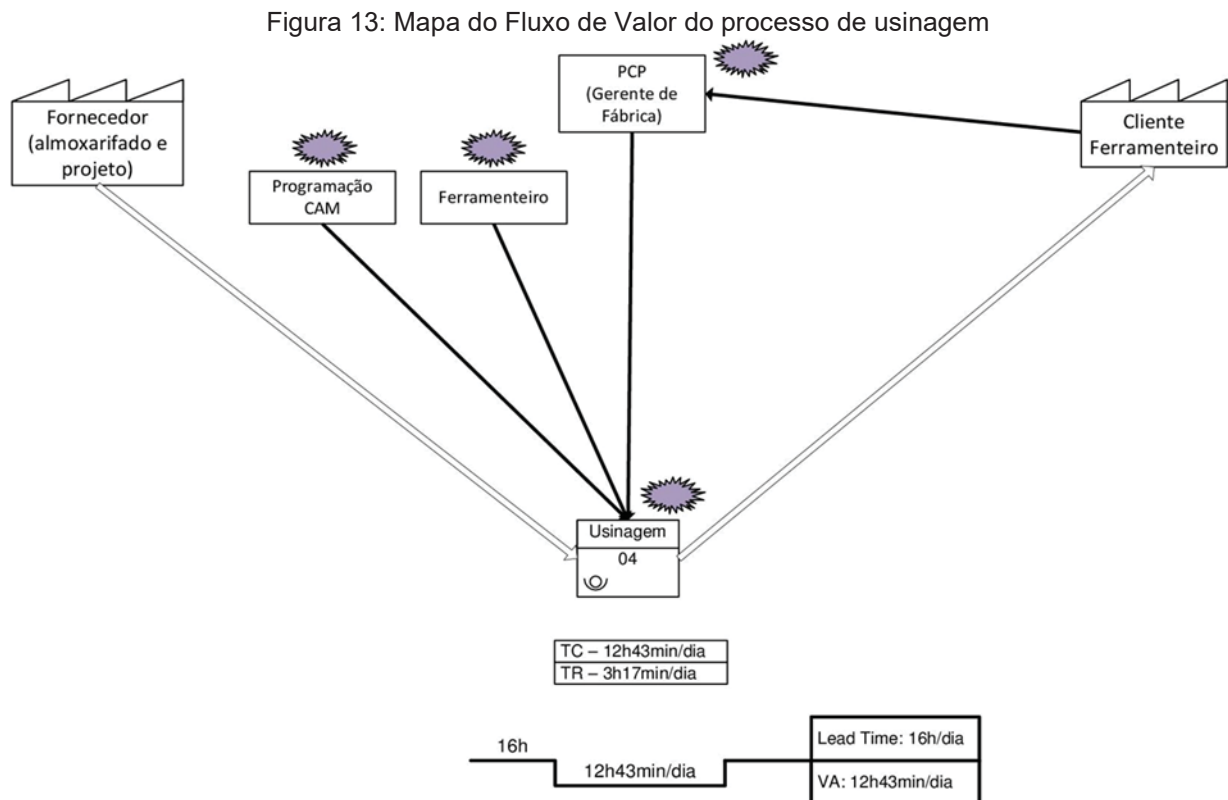
3.3. FASE ANALISAR

No centro do problema que enfrentamos, encontramos uma análise detalhada do processo por meio do Mapa de Fluxo de Valor (MFV). Este mapeamento revelou um desperdício considerável de tempo, especialmente no tempo de preparação (SETUP), em comparação com o tempo efetivamente utilizado para a usinagem.

O MFV mostrou que diversos setores, como Gerência de Fábrica, Ferramentaria e Programação, contribuem para a demanda de setups, muitas vezes

sem uma prioridade clara. Isso resulta em um tempo significativo gasto nessas mudanças de configuração, destacando problemas de organização e falta de ferramentas adequadas. Além disso, a falta de comunicação eficaz entre os setores leva a atrasos e conflitos no uso de recursos compartilhados.

O Mapa de Fluxo de Valor do processo de usinagem está representado na Figura 13.



Fonte: Os autores (2024).

Para lidar com essas questões, estamos propondo mudanças que visam aprimorar o fluxo de produção. Uma das principais medidas será a centralização da comunicação através do setor de Programação CAM, reduzindo assim a necessidade de *setups* desnecessários.

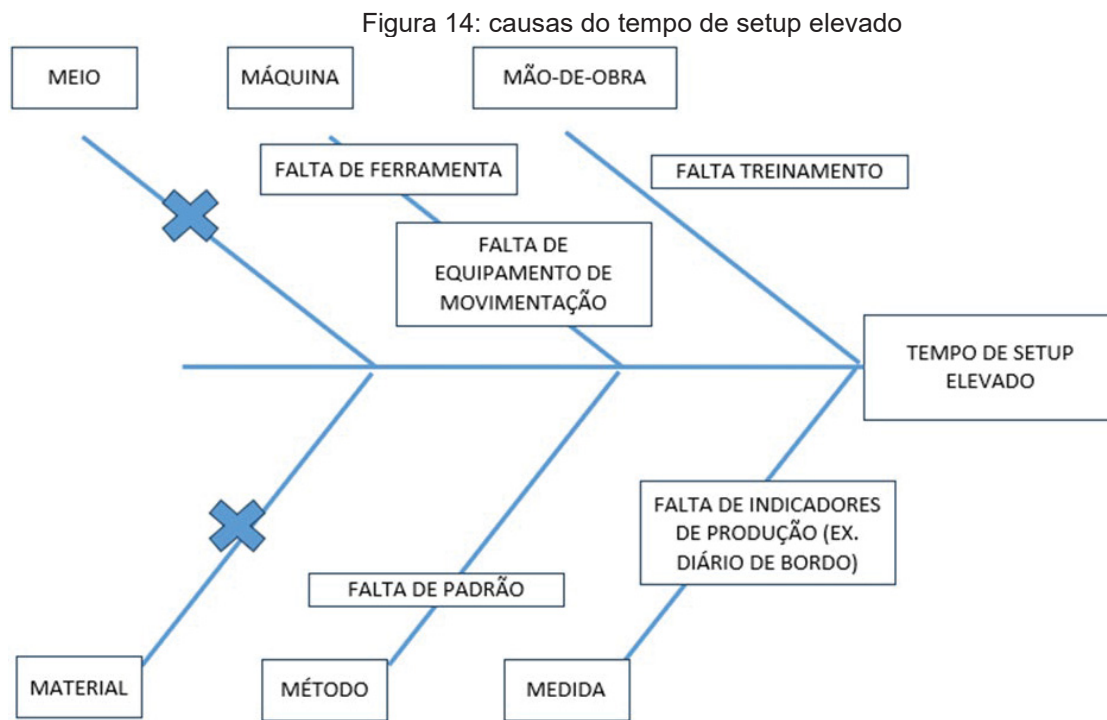
Após uma análise mais detalhada e acompanhamento do processo de usinagem, identificamos as seguintes causas potenciais:

- Distribuição de atividades por vários setores, sem priorização clara;
- Falta de organização e ferramentas adequadas para os setups;
- Problemas na movimentação de material devido à falta de equipamentos adequados;

- Falta de definição clara do fluxo de atividades de setup.

Essas causas fundamentais serão o foco de nossos esforços para implementar melhorias significativas em nosso processo de produção.

Para mapeamento das causas potenciais utilizou-se o Diagrama de Ishikawa, conforme apresentado na Figura 14.



Fonte: Os autores (2024).

Após o levantamento das causas potenciais foi realizado um processo de validação das causas, conforme apresentado na Figura 15, para confirmação das causas fundamentais, apresentadas na Figura 16.

Figura 15: Validação das causas

Tempo SETUP	CAUSA PRIORIZADA	DESCRIÇÃO DA CAUSA	EVIDÊNCIA DA CAUSA (Mostrar que a causa acontece de Fato - Coloca Anexo se Necessário)	PROVA DE QUE A CAUSA TEM CORRELAÇÃO COM O FOCO (Colocar anexo se Necessário)	CAUSA COMPROVADA?
x	Priorização	Distribuição de atividade por diversos setores, sem uma prioridade definida;	A máquina foi parada no meio do processo para produzir outra.		sim
	Falta de organização;	Os operadores não conseguem encontrar as ferramentas necessárias para o SETUP			sim
	Falta de ferramental;	Espera de "jacaré" para movimentação de material			sim
	Falta de definição do fluxo de SETUP, atividades	Distribuição de atividade por diversos setores, sem uma prioridade definida;	A máquina foi parada no meio do processo para produzir outra.		sim

Fonte: Os autores (2024).

Figura 16: Causas fundamentais

FOCO 1	FOCO 2	FOCO 3	FOCO 4	CAUSA FUNDAMENTAIS	DESCRIÇÃO DA CAUSA
x				Priorização	Distribuição de atividade por diversos setores, sem uma prioridade definida;
x				Falta de organização;	Os operadores não conseguem encontrar as ferramentas necessárias para o SETUP
x				Falta de ferramental;	Espera de "jacaré" para movimentação de material
x				Falta de definição do fluxo de SETUP, atividades	Distribuição de atividade por diversos setores, sem uma prioridade definida;

Fonte: Os autores (2024).

3.4. FASE IMPLEMENTAR

Como resposta aos desafios identificados, foram propostas diversas soluções destinadas a mitigar o tempo de setup e promover uma operação mais eficiente. Entre as soluções implementadas destacam-se:

- **Organização e Definição de Ferramentas**

Uma abordagem sistemática de organização e padronização dos locais de trabalho foi adotada, garantindo que as ferramentas necessárias para o setup estejam sempre disponíveis e de fácil acesso.

- **TRF (Troca Rápida de Ferramentas)**

Criaram-se kits de setups, agrupando todas as ferramentas e materiais necessários para cada configuração específica da máquina.

As atividades foram separadas em externas (realizadas enquanto a máquina está em produção) e internas (realizadas enquanto a máquina está parada), otimizando o tempo de setup.

Foram desenvolvidos sistemas de montagem rápida e dispositivos poka-yoke para evitar erros e garantir uma troca de ferramentas eficiente.

- **Planejamento**

Foi estabelecido um único setor responsável por repassar o planejamento de produção de forma clara e precisa, garantindo uma comunicação fluida e minimizando possíveis conflitos.

Quanto à priorização das soluções, estas serão aplicadas de imediato, priorizando aquelas que oferecem maior facilidade de implementação e baixo custo. Além disso, os dispositivos necessários para o processo serão fabricados internamente, utilizando sobras de matéria-prima, visando reduzir os custos adicionais.

O plano de ação para a implementação das soluções foi detalhado utilizando a metodologia 5W2H (What, Why, When, Where, Who, How, How much), garantindo uma execução precisa e eficaz, conforme apresentado na Figura 17.

Figura 17: Plano de ação para implementação das ações

O QUÊ	PORQUÊ	QUANDO?	QUEM?	COMO?	ONDE?	QUANTO?
Realizar treinamento da equipe	Para capacitar os operadores com as boas práticas de fabricação e setup de máquinas	20mai24	Equipe Black Belt	Através de uma formação teórico-prática	Alfa LTDA	R\$ 0,00
Realizar o levantamento dos materiais de setup para cada estação de trabalho	Para garantir que os postos possuam ferramentas individuais	22mai24	Equipe Black Belt	Através de um inventário de peças e compra dos equipamentos	Alfa LTDA	R\$ 0,00
Comprar os kits ferramentas, batentes calços para setup		24mai24	Murilo Olenik	Por meio de Ordem de Compra	Alfa LTDA	R\$ 31.129,57
Realizar compra de guincho hidráulico	Para otimizar o transporte dos ferramentais durante o processo produtivo	24mai24	Murilo Olenik	Por meio de Ordem de Compra	Alfa LTDA	R\$ 1.259,10
Treinamento conceitual e de sensibilização para a equipe de melhoria e operadores	Para garantir a metodologia de 5S	20mai24	Equipe Black Belt	Através de formação e implementação prática dos 5 sensores	Alfa LTDA	R\$ 0,00
Implementar sistemas de auditoria 5S para a fabricação	Garantir a perenidade da metodologia	23mai24	Equipe Black Belt	Através de um programa de auditoria	Alfa LTDA	R\$ 0,00

Fonte: Os autores (2024).

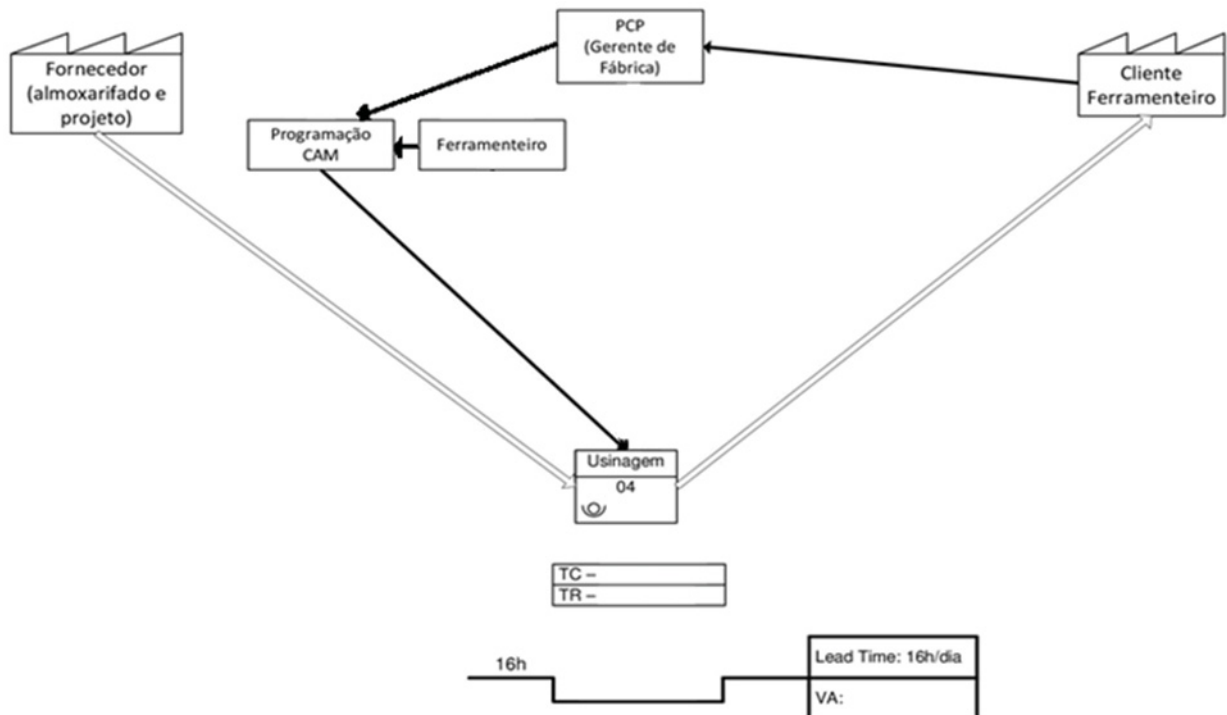
Como resultado das ações implementadas, os efeitos foram notáveis. A meta inicial de redução do tempo de setup, estabelecida em 20%, foi superada, alcançando um impressionante percentual de 37,28%, como evidenciado na Figura 18 e no novo Mapa de Fluxo de Valor apresentado na Figura 19.

Figura 18: Antes x depois da implementação das ações



Fonte: Os autores (2024).

Figura 19: Novo Mapa de Fluxo de Valor

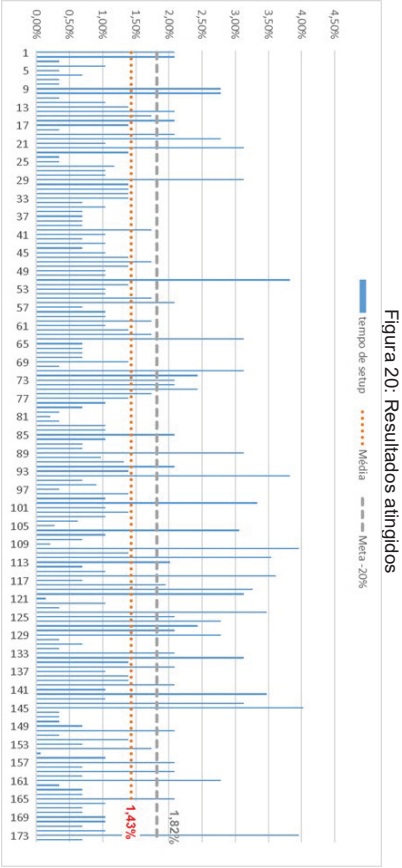


Fonte: Os autores (2024).

3.5. FASE CONTROLAR

Com grande satisfação, concluímos esta jornada de aprimoramento com a conquista da nossa meta final, superando as expectativas estabelecidas. O objetivo inicial de reduzir o tempo de setup em 20 % foi amplamente superado, alcançando um notável percentual de 37,28 %, conforme apresentado no gráfico da Figura 20.

Além disso, esse avanço se traduziu em um significativo ganho financeiro anual de R\$ 175.737,32, refletindo não apenas a eficiência aprimorada do processo, mas também o impacto positivo nas nossas operações comerciais.



Fonte: Os autores (2024).

É importante ressaltar que a perenização dos ganhos obtidos foi garantida por meio da implementação de auditorias internas de 5S, assegurando a manutenção dos resultados alcançados ao longo do tempo. Essas auditorias representam um compromisso contínuo com a excelência operacional e reafirmam o nosso comprometimento com a melhoria contínua.

Os treinamentos desempenharam um papel crucial no fortalecimento da cultura de melhoria contínua em nossa organização. Baseados em metodologias comprovadas, como o MFV (Mapa de Fluxo de Valor), 5S e TRF (Troca Rápida de Ferramentas), esses programas capacitaram nossos colaboradores com as habilidades e conhecimentos necessários para identificar oportunidades de melhoria, implementar soluções eficazes e sustentar os ganhos alcançados.

No âmbito do controle do processo, a variável chave a ser monitorada continua sendo o tempo de SETUP. Este acompanhamento é realizado de forma sistemática, utilizando o diário de bordo das máquinas como uma ferramenta essencial para registrar e analisar os tempos de preparação. Além disso, estamos comprometidos em manter um acompanhamento próximo do processo por meio de auditorias regulares e análises de desempenho, garantindo que as melhorias implementadas sejam sustentadas ao longo do tempo.

Com uma abordagem estruturada e um compromisso inabalável com a excelência, estamos confiantes de que manteremos e continuaremos a aprimorar os resultados alcançados, consolidando nossa posição como líderes em eficiência e qualidade.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a análise detalhada do processo de usinagem de moldes para injeção de termoplásticos na empresa Alfa LTDA, utilizando a metodologia DMAIC, foi identificado um elevado tempo de setup, caracterizado por uma alta variabilidade, o que sugeriu a falta de metodologia e padrão na execução das atividades. Essa constatação foi respaldada pela evidência de diversos problemas no processo, incluindo falta de organização, escassez de ferramentas e equipamentos adequados, e a inexistência de um fluxo bem definido.

Para abordar esses problemas de forma eficaz, foram empregadas diversas metodologias durante a implementação do projeto. Inicialmente, o uso do Mapa de Fluxo de Valor (MFV) permitiu uma compreensão abrangente do processo de usinagem, identificando gargalos e oportunidades de melhoria. Em seguida, a implementação da Troca Rápida de Ferramentas (TRF) possibilitou uma redução significativa no tempo gasto para realizar as alterações necessárias nas máquinas entre diferentes lotes de produção, contribuindo para aumentar a eficiência operacional.

Além disso, foram realizadas ações de organização e padronização do ambiente de trabalho, utilizando os princípios do 5S, garantindo fácil acesso às ferramentas utilizadas no processo, além da implementação de um sistema de auditorias, para garantir a continuidade da metodologia. O planejamento de produção também foi revisto e otimizado, garantindo uma melhor gestão dos recursos e uma alocação mais eficiente, minimizando os tempos de ociosidade.

Como parte das medidas implementadas, foram adquiridos novos kits de ferramentas, adequados às necessidades do processo, bem como um guincho hidráulico adicional, visando facilitar e agilizar as operações de setup. Paralelamente, foram realizados treinamentos específicos para os colaboradores envolvidos, visando capacitar a equipe em relação a adoção das novas práticas no trabalho.

Como resultado direto dessa iniciativa, foi alcançada uma redução significativa de 37% no tempo de setup, que representa um ganho financeiro anual de R\$ 175.737,32, resultando em uma maior eficiência operacional e economia de recursos. Além disso, foram observados ganhos indiretos, como maior flexibilidade na produção, otimização de recursos e uma melhoria geral na eficiência e qualidade do processo.

5. CONCLUSÃO

Toda implementação de projetos em ambientes corporativos, sejam eles chão de fábrica (como é o caso deste projeto) ou até mesmo grandes corporações e seus monumentais escritórios em avenidas famosas sempre se deparam com um problema: Colocar em prática os conceitos teóricos adquiridos em vida acadêmica e nos livros de referência.

Já não é de hoje que estes desafios entre a teoria versus a prática se deparam nestes ambientes, seja por um lado a necessidade de aplicação de todo o conteúdo e seja por outro lado um olhar de indiferença com os livros, partindo da premissa de que a prática é insubstituível.

Ora por vez neste projeto nos deparamos com muitos conceitos teóricos, de que nada servem se não forem colocados em prática, como foram os casos de aplicação das ferramentas *Lean* e 5S. Mais que uma teoria, as mesmas proporcionam e devem proporcionar fatores-chave para virada de pensamento nas empresas, de que podemos fazer mais com menos, que organização e disciplina jogam juntos com lucratividade e produtividade.

Diante disso, todo esforço deste trabalho se deu por conta em aplicar conteúdos teóricos e traduzi-los a realidade na qual a empresa deve se adaptar, na postura de seu dono até o engajamento dos funcionários. Portanto podemos melhorar a frase descrita no início desta conclusão, a prática é insubstituível, desde que ela esteja amparada por uma teoria de acordo com os seus anseios.

No que diz respeito aos resultados, os mesmos foram satisfatórios, porque eles fizeram parte de um processo de melhora desde a sua base, na mentalidade. Tal feito não seria possível sem aplicar conceitos teóricos já discutidos em inúmeros projetos e trabalhos anteriores.

Os resultados alcançados demonstram claramente os benefícios tangíveis de uma abordagem sistemática e baseada em dados para a melhoria de processos. A implementação eficaz da metodologia DMAIC, aliada a medidas corretivas adequadas e investimentos estratégicos, permitiu não apenas reduzir o tempo de setup, mas também promoveram uma cultura de melhoria contínua e excelência operacional na empresa Alfa LTDA.

Por fim, as contribuições propositivas para a empresa e a sua perenidade na aplicação dos conceitos e das boas práticas são o nosso principal legado para o projeto, uma vez que o tornamos parte do processo.

5.1. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Durante a análise e discussão dos resultados surgiram alguns questionamentos que não puderam ser confirmados neste trabalho, mas que serviram para apontar sugestões para a continuidade dos estudos. Essas sugestões são listadas na sequência:

- Aplicação de conceitos de ferramentas Lean e 5S para a indústria 4.0;
- Aplicação de DMAIC em formatos mais dinâmicos, proporcionando ganhos rápidos em empresas de baixo/médio porte;
- Redução de termos técnicos para conceitos mais práticos durante a implementação de projetos dentro das empresas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A. MUNRO, Roderick; RAMU, Govindarajan; J. ZRYMIAK, Daniel. **The Certified Six Sigma Green Belt Handbook**. [S. l.: s. n.], 2015.
- BIG data in lean six sigma: a review and further research directions. **Taylor & Francis Journals**, [S. l.], p. 947-969, 1 fev. 2020.
- Black, R., et al. (2010). "Enhancing Manufacturing Efficiency Through Quick Tool Changeover." **Journal of Operations Management**.
- BRUE, Greg. **Six Sigma For Managers (Briefcase Books Series) (English Edition)**. [S. l.: s. n.], 2022.
- Costa, C., Ferreira, L. P., Sá, J. C., & Silva, F. (2018). Implementation of 5S Methodology in a Metal Working Company. **DAAAM International Scientific Book**.
- CHANG, S; KOPPEL, S. MDAIC – a Six Sigma implementation strategy in big data environments. **International Journal of Lean Six Sigma**, [S. l.], p. 432-449, 20 mar. 2021.
- GUIMARÃES, M. T. G; PEREIRA, P. E. C.; DINIZ-PINTO, H. S.; ARAÚJO, R. DE P. APLICAÇÃO DO LEAN SEIS SIGMA PARA MELHORIA DA ETAPA DE SEPARAÇÃO MAGNÉTICA DE ALTA INTENSIDADE EM UMA EMPRESA DE MINERAÇÃO. **Movement**, **Universidade Federal de Catalão**, [S. l.], p. 9-10, 17 dez. 2020.
- JOHNSON, Oluseye Michael. Utilizing Lean Six Sigma Model for Managing Projects in the Oil and Gas Industry: A Case Study of Selected Companies in Lagos State, Nigerias. **UNIVERSITY OF VAASA**, [S. l.], p. 96-97, 20 mar. 2021.
- Jones, P., & Womack, J. (2003). Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. **Free Press**.
- LEE, K. -L. et al. Using LSS to improve the efficiency and quality of a refund process in a logistics center. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, n. 3, p. 324-340, 2021.
- MAGED, Ahmed; HARIDY, Salah; BHUIYAN, Nadia; KAYTBAY, Saleh. Continuous improvement of injection moulding using Six Sigma: case study. **International Journal of Industrial and Systems Engineering**, [S. l.], p. 240-243, 15 jan. 2019.
- DOMINGUES, Fernanda Paiva; ARAUJO, Fernanda Lima Oliveira de. **Aplicação do 5s e da padronização em uma fábrica de gelo por meio da pesquisa-ação**. 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/26325/3/Aplica%C3%A7%C3%A3o5SPadroniza%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 29 maio 2024.
- PARK, S. H.; DHALGAARD-PARK, S. M.; KIM, D. C. New paradigm of lean six sigma in the 4th industrial revolution era. **Quality Innovation Prosperity**, v. 24, n. 1, p. 1–16, 2020.
- SEBRAE. **Seis Sigma é ferramenta de melhoria contínua para as empresas**. 2023. Disponível em: <<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/seis-sigma-e-ferramenta-de-melhoria-continua-para-as>>

empresas,688ebbd38f896810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 29 maio 2024.

SMITH, C. Thinking Lean: Implementing DMAIC Methods to Improve Efficiency Within a Cystic Fibrosis Clini. **Journal For Healthcare Quality**, [S. l.], p. 37-46, 1 mar. 2021.

Smith, J., et al. (2015). "Optimizing Tool Changeover in Manufacturing Systems." **Journal of Manufacturing Engineering**.

VAN AKEN, J. E. Management research on the basis of the design paradigm: the quest for field-tested and grounded technological rules. **Journal of Management Studies**, v. 41, n. 2, p. 219–246, 20

WIBOWO, Fajar Dwi; DANG, Thanh-Tuan; WANG, Chia-Nan. Application of Six Sigma DMAIC and TRIZ for Bottleneck and Process Improvement: A Case Study of Electronic Contract Manufacturer in Vietnam. **Conference: 2022 AIIMS - 1.0: Advanced Intelligence & Innovations in Mechanical SciencesAt: SRM INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**, [S. l.], p. 5-4, 1 abr. 2022.