



ESTUDO DA IMPLANTAÇÃO DO MÉTODO TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS NO SETOR DE USINAGEM EM UMA INDÚSTRIA METALMECÂNICA DO SUL DE SANTA CATARINA

Daniella Vidal Daros¹
Alexandre Milanez²
Anderson Daleffe³
Henrique Cechinel Casagrande⁴
Joélson Vieira da Silva⁵
Gilson de March⁶

Resumo: O estudo analisa a implementação do método Troca Rápida de Ferramentas (TRF) no setor de usinagem de uma indústria metalmeccânica situada no sul de Santa Catarina. Com o aumento da competitividade global e a busca por produções cada vez mais enxutas, o trabalho tem como foco o aumento do rendimento da máquina piloto, juntamente com a redução dos custos e desperdícios ocasionados pelo mau uso dos recursos produtivos. O principal objetivo dessa metodologia é a redução do tempo de setup, aliado ao aumento da eficiência e da produtividade. A aplicação desse método envolveu o uso dos princípios do *Lean Manufacturing*, especificamente as técnicas desenvolvidas por Shigeo Shingo, que focam na conversão de setup interno em setup externo. O processo iniciou-se com a análise detalhada dos tempos de setup por meio de filmagens, que permitiram a separação clara das atividades internas e externas, resultando na determinação de um tempo ideal de setup. Para facilitar o entendimento e a aplicação prática da metodologia TRF, o estudo foi focado em um fluxo produtivo específico no setor de usinagem, utilizando uma máquina piloto, o Centro de Usinagem Heller modelo MCI25.1. Durante a implementação, foram observadas todas as etapas do processo, desde a análise inicial até a aplicação das melhorias propostas. Os resultados mostraram uma significativa redução dos tempos de preparação, permitindo maior flexibilidade e qualidade na produção, além de satisfação dos clientes devido à redução do lead time de entrega, ao mesmo tempo em que otimizou seus recursos produtivos e reduziu desperdícios, reafirmando a importância do método TRF como uma ferramenta eficaz na busca pela excelência operacional.

Palavras-chave: Troca Rápida de Ferramentas. *Setup*. Produção Enxuta.

1 INTRODUÇÃO

¹ Engenheira Mecânica. UniSATC. E-mail: daniellavidaldaros@hotmail.com

² Professor do Centro Universitário UniSATC E-mail: alexandre.milanez@satc.edu.br

³ Professor do Centro Universitário UniSATC E-mail: Anderson.daleffe@satc.edu.br

⁴ Mestrando em Engenharia Metalúrgica. UniSATC E-mail: henrique_cechinel@hotmail.com

⁵ Professor do Centro Universitário UniSATC E-mail: gilson.march@satc.edu.br

⁶ Professor do Centro Universitário UniSATC E-mail: joelson.silva@satc.edu.br



Com o crescente aumento das exigências do consumidor final e a globalização, que diminui as distâncias entre mercados consumidores e produtores, as empresas precisam cada vez mais organizar seus processos e sistemas produtivos. Atualmente, as empresas além de disputarem mercado com seus concorrentes locais, disputam também com concorrentes do mundo todo, fato possibilitado pelo grande fluxo de informações globais e soluções logísticas (ECOPROD, 2018).

A gestão dos recursos produtivos, de forma correta, permite grandes melhorias nos processos das empresas. Com o objetivo de atender as mais diversas demandas, as indústrias buscam a minimização de desperdícios aliada à flexibilidade da produção. Sendo assim, métodos enxutos de produção surgiram como oportunidade para manter a competitividade das empresas no mercado (STEIN, 2024).

O *Lean Manufacturing* ou Produção Enxuta é uma das filosofias mais conhecidas e procuradas nos dias de hoje para redução de custos e desperdícios e para o aumento da produtividade. Criado por James Womack e Daniel Jones, o *Lean* visa a eliminação de desperdícios e constante aprimoramento na agregação de valor para o cliente. Além disso, busca cada vez mais a qualidade e a flexibilidade do processo, ampliando assim sua capacidade produtiva e a competitividade das empresas (WOMACK & JONES, 2003).

Um dos métodos criados para tornar a produção mais enxuta foi a Troca Rápida de Ferramentas (TRF) ou SMED (*Single Minute Exchange of Die*), que visa a troca de ferramentas em tempo inferior a 10 (dez) minutos. Proposto por Shigeo Shingo, o método TRF tem por finalidade principal a conversão de *setup* interno em *setup* externo, isto é, atividades que geralmente são realizadas com a máquina parada podem ser realizadas com a máquina em funcionamento. Conforme afirmação, “Embora nem todo e qualquer tempo de preparação seja realizável em menos de dez minutos, este é o objetivo do SMED. Ele pode ser atingido em uma surpreendente porcentagem de casos” (SHINGO, 2000).

Focando na redução dos tempos de *setup* de máquina, uma indústria metalmeccânica da região sul catarinense vem trabalhando nos conceitos de *Lean Manufacturing* há cerca de 2 anos. Dentro desse estudo, os fluxos produtivos foram divididos conforme a quantidade de operações que cada item precisa passar, sendo



que essas operações fazem referência a quantidade de máquinas cadastradas no roteiro do produto. Através dos trabalhos já realizados chegou-se à conclusão de que os elevados tempos de *setup*, principalmente no setor de usinagem, contribuem para a baixa eficiência das máquinas, ocasionando assim a redução da produtividade. Visto as exigências do mercado e a grande competitividade entre as empresas concorrentes, a empresa em questão tem por objetivo através da implantação dessas ferramentas, buscar a redução do Lead Time e dos custos, além de garantir a qualidade dos produtos, a flexibilidade nas entregas e a satisfação dos clientes fidelizados.

Neste sentido, verificou-se a necessidade de implantação da ferramenta TRF, conceito eficaz principalmente na busca de redução dos tempos de *setup*. Para facilitar o entendimento da aplicação da metodologia TRF, a empresa optou por focar o estudo de implantação em apenas um de seus fluxos produtivos, no setor de usinagem. Desta forma o estudo será realizado em uma máquina piloto, onde será feito o acompanhamento dos *setups* das peças durante um período, e por fim serão propostas as melhorias cabíveis para a redução dos tempos de *setup*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse referencial teórico tem por finalidade expor uma revisão da literatura a respeito da ferramenta TRF (Troca Rápida de Ferramentas) e dos conceitos relacionados, além das suas características.

2.1 SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O Sistema Toyota de Produção (STP), também conhecido como Toyotismo foi criado na década de 1950 por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno. O método inovador surgiu após a tentativa dos japoneses de aplicar o Fordismo, método utilizado em países desenvolvidos da época. Em sua obra, Monden (1984) definiu o STP como um método racional de fabricar produtos pela completa eliminação dos desperdícios oriundos da produção (Mattana e Pasa, 2023).

Tendo em vista os desperdícios gerados pela produção em massa, foram estabelecidos dois pilares para o STP, sendo um deles o Just in Time (JIT).



3.1.1 Just in Time

Reduzir significativamente o tempo de preparação das máquinas é um requisito básico para execução do *Just in Time* (HAY, 1992, p. 65). A filosofia JIT busca pela precisão na produção, organizando as operações e as execuções de acordo com o nível de demanda, tendo assim uma produção de fluxo contínuo e com esforços nas resoluções de problemas. Esta filosofia oferece ao mercado uma alta variedade de produtos, que são produzidos em processos de baixa complexidade, equipamentos e mão de obra flexível e com dispositivos que reduzam o tempo de preparação das máquinas (CORRÊA; GIANESI, 1996), (SLACK, BRANDON-JONES, JOHNSTON, 2018).

3.2 SETUP

Conforme Klippel (2019), o *setup* é o ato de trocar e ajustar os dispositivos e ferramentas de uma máquina que está produzindo um tipo de peça A para produzir outro tipo de peça B.

Em outras palavras o tempo de *setup* é o tempo de preparação, ou seja, o tempo entre a fabricação da última peça boa de um produto A e a fabricação da primeira peça boa de um produto B. O tempo de troca das peças é o tempo decorrido entre a última peça boa do último lote de produção, e a peça aprovada do lote seguinte. O tempo de *setup* varia em função da tecnologia empregada, dos equipamentos utilizados, variações do produto e o planejamento da produção realizado pela indústria.

Segundo Shingo (2017), a base do seu método está no entendimento de que as operações de *setup* são divididas em dois tipos:

- *Setup* Interno (TPI – Tempo de Preparação Interno): são as atividades que só podem ser realizadas quando a máquina estiver parada (REIS E ALVES, 2010).
- *Setup* Externo (TPE – Tempo de Preparação Externo): se define como as atividades que podem ser realizadas quando a máquina estiver funcionando (REIS E ALVES, 2010).



Conforme Shingo (2017), no paradigma tradicional, os procedimentos de *setup* são infinitamente variados, dependendo do tipo de operação e do equipamento utilizado. Cada máquina e processo pode exigir ajustes específicos, o que torna o *setup* uma tarefa complexa e demorada. No entanto, essa variabilidade intrínseca aos *setups* tradicionais muitas vezes resulta em ineficiências e perdas de tempo significativas. A diversidade de procedimentos pode levar a uma falta de padronização, complicando ainda mais o processo e aumentando o tempo necessário para a preparação dos equipamentos.

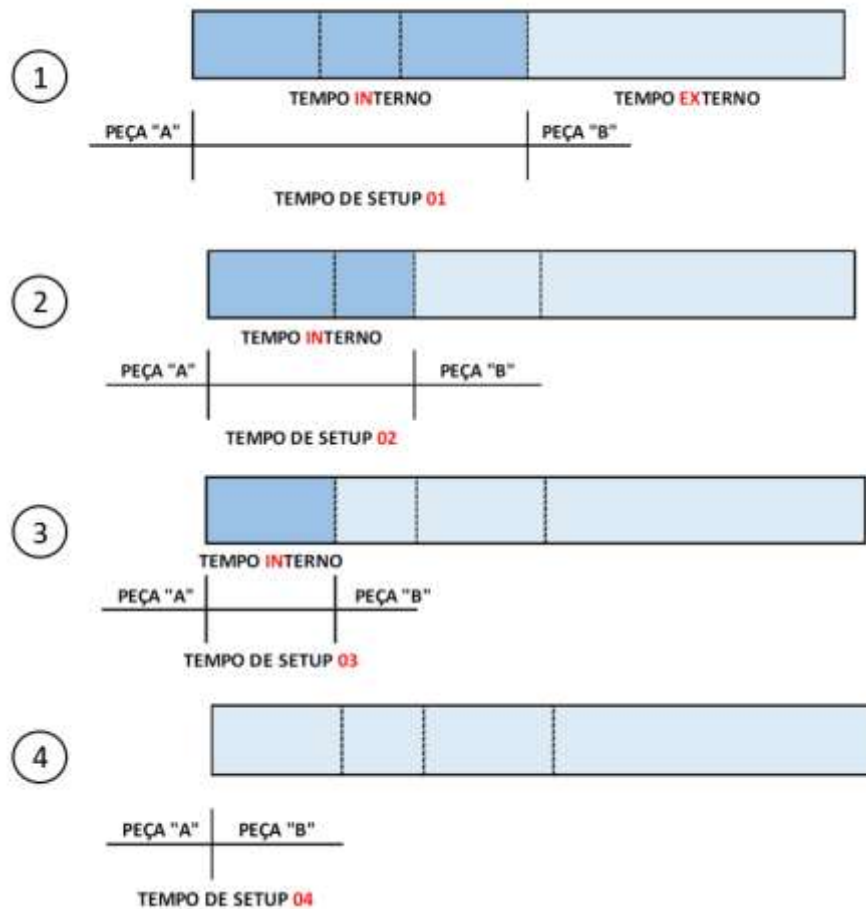
Entretanto, Shingo (2017) observou que todas as operações de *setup* compreendem uma sequência de passos genéricos e, por isso, é possível generalizar um método com o objetivo de comprimir o tempo de *setup*. Ele identificou que, independentemente do tipo de operação ou do equipamento, existem elementos comuns que podem ser padronizados e otimizados. Ao focar nesses elementos genéricos, é viável desenvolver um método universal que minimize as variações e reduza o tempo total de *setup* (Lima e Cornelius, 2015).

Após a compreensão da operação de *setup* tem-se por objetivo converter o máximo dos tempos de *setup* interno em externo, avaliando os procedimentos convencionais e propondo oportunidades de melhorias, e assim reduzir os tempos de parada do equipamento.

3.2.1 Método Shingo

O método de Shingo determina que tarefas que podem ser realizadas com a máquina em funcionamento devem ser transferidas para *setups* externos e enfatiza essa separação ou transformação dos elementos internos em externos (SHINGO, 1996). A Fig. 1 representa o processo de separação e transferência do tempo interno para o tempo externo de *setup*.

Figura 1: *Setup* interno e externo



Fonte: Adaptado de Klippel (2019)

- Passo 1: Separar tempo interno e tempo externo;
- Passo 2: Transferir tempo interno para tempo externo;
- Passo 3: Eliminar ou reduzir os tempos de ajustes e regulagens;
- Passo 4: Eliminar o tempo de *setup*.

Nesse contexto a metodologia do doutor e enfermeiro é bastante aplicada. Nesse método, utilizado no ramo metalúrgico, o doutor se equivale ao operador da máquina e o enfermeiro a um possível auxiliar que tem como função realizar as atividades que estavam dentro do *setup* interno, mas que podem ser transferidas ao *setup* externo, desse modo a produtividade da máquina aumenta. (KLIPPEL, 2019).



3.3 TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS (TRF)

O TRF, também denominado SMED (*Single Minute Exchange of Die*), é um sistema de redução de tempos de *setups* de máquinas desenvolvido por Shingeo Shingo, engenheiro industrial japonês, que através dos seus estudos elaborou um trabalho para otimização de prensas de estampagem de corpo na empresa Mazda da Toyou Kogyo em Hiroshima, operação gargalo anteriormente ao estudo. O TRF pode ser descrito como uma metodologia para redução dos tempos de preparação de equipamentos e sua utilização auxilia na redução dos tempos de atravessamento, chamado de Lead Time (SUGAI, MCINTOSH, NOVASKI, 2007).

Esta metodologia tem normalmente quatro funções:

- Preparação da matéria-prima, dispositivos de montagem, acessórios, etc. – 30%;
- Fixação e remoção de matrizes e ferramentas – 5%;
- Centragem e determinação das dimensões das ferramentas – 15%;
- Processamentos iniciais e ajustes – 50% (SHINGO, 1996).

3.3.1 Oito principais técnicas TRF

Segundo Shingo (1996) as oito principais técnicas TRF para reduzir o tempo de *setup* são divididas da seguinte forma:

- Técnica 1 – Separação das operações de *setup* internas e externas: as operações internas e externas devem estar claramente identificadas, apenas com essa separação os tempos de *setup* interno (paradas inevitáveis da máquina podem ser reduzidas de 30% a 50%;
- Técnica 2 – Converter *setup* interno em externo: princípio mais poderoso no sistema TRF. Fazer a conversão do tempo interno em externo envolve o reexame das operações para verificar se qualquer uma das etapas foi tomada equivocadamente como interna e encontrar maneiras de converter esses tempos;



- Técnica 3 – Padronizar a função, não a forma: a padronização função requer a uniformidade do método de execução, já a padronização da forma são adequações momentâneas;
- Técnica 4 – Utilizar grampos funcionais ou eliminar os grampos: refere-se nesse caso ao mecanismo de fixação dos itens, podendo ser ou não empregados;
- Técnica 5 – Usar dispositivos intermediários: para essa técnica temos como exemplos os gabaritos, facilitando por exemplo a centragem e troca das peças;
- Técnica 6 – Adotar operações paralelas: nesse caso o autor sugere a metodologia do doutor e enfermeiro, já mencionado anteriormente nesse trabalho;
- Técnica 7 – Eliminar ajustes: inicialmente dividido entre preparação e ajuste, ou seja, a preparação é o ato de preparar, já o ajuste é o teste e acontece de forma repetitiva, se tornando um fator cada vez menos importante à medida que a preparação se torna mais precisa;
- Técnica 8 – Mecanização: trata-se da mecanização de etapas e/ou processos. Essa técnica deve ser considerada após ter sido feito todo esforço possível para diminuir o tempo do *setup* utilizando as outras setes técnicas.

3.3.2 Lead Time

O *Lead Time* ou tempo de atravessamento é o tempo que uma empresa leva para executar todo o ciclo operacional de um produto até sua chegada ao cliente. A contagem é iniciada desde a chegada do pedido até a entrega final do produto.

O tempo de atravessamento do produto é um indicador estratégico para a avaliação do desempenho dos processos, acompanhamento da fabricação da peça e pode ser tratado também como um fator decisivo no fechamento de compras e contratos.

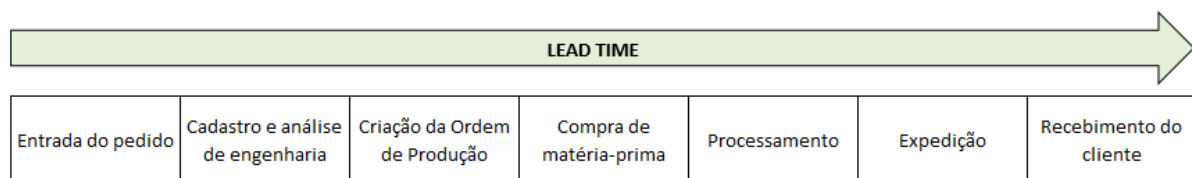
Segundo Corrêa e Giansesi (1996), para que se conquiste a redução dos tempos de lead time é inicialmente necessário que se conheça e compreenda sua composição (SILVA, 2012).



Visões do Lead Time:

- Cliente: o lead time é o tempo desde a solicitação do pedido até chegar a sua chegada ao cliente (LEÃO, 2023).
- Empresa: o lead time é mais detalhado passando por todas as etapas de fabricação do produto até a chegada ao cliente, em algumas empresas podem ser considerado até o momento da sua expedição (LEÃO, 2023). A Fig. 2 traz um exemplo de ciclo de lead time dentro da empresa.

Figura 2: Ciclo do Lead Time visão empresa



Fonte: Do autor (2023)

3.4 USINAGEM

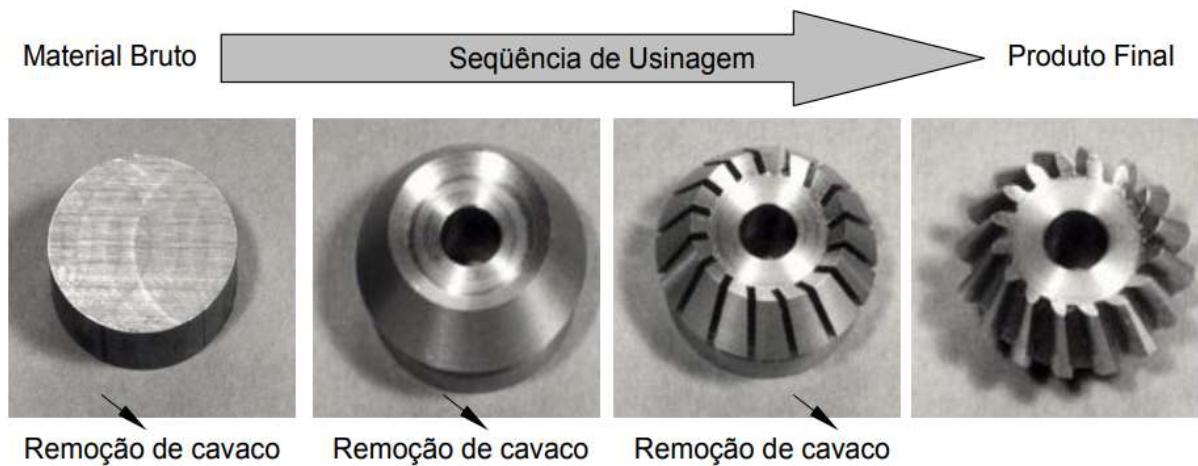
A Usinagem é um processo mecânico de remoção de material da matéria-bruta ou matéria-prima, produzidas pelos processos de fundição, conformação, laminação, entre outros, que tem por objetivo dar forma às peças pela remoção de cavacos através dos movimentos entre a ferramenta e a peça (TRINDADE, 2023).

O processo de usinagem atende aos seguintes objetivos:

- Acabamento de superfícies de peças fundidas ou conformadas mecanicamente;
- Obtenção de peculiaridades (saliências, reentrâncias, furos passantes, furos rosqueados, etc);
- Fabricação seriada de peças a um custo mais baixo;
- Fabricação de peças, de qualquer forma, a partir de um bloco de material metálico.

As principais operações de usinagem são classificadas em: torneamento, fresamento, furação e mandrilamento (TRINDADE, 2023). A Fig. 3 representa o processo de transformação da peça bruta em produto final.

Figura 3: Transformação do bloco metálico para produto final



Fonte: Stoeterau (2023)

3.4.1 Gabarito

O gabarito é um dispositivo usado em operações de usinagem que tem como objetivo proteger, suportar, fixar e/ou montar uma peça de trabalho corretamente na máquina CNC (RAPID DIRECT, 2021).

Principais vantagens do uso de gabaritos:

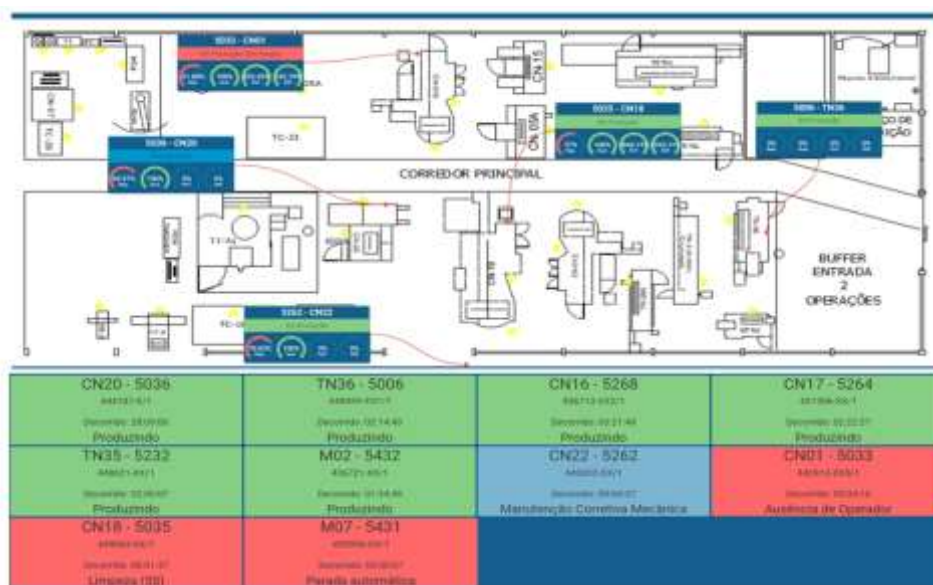
- Aumento da produtividade e eficiência: elimina o alinhamento da peça e, portanto, diminui o tempo ocioso de máquina.
- Melhora a qualidade do produto: reduz o erro humano e minimiza os ajustes realizados pelos operadores, o que implica diretamente na qualidade das peças.
- Aumento da segurança: reduz o envolvimento de pessoas, aumentando assim a segurança.

2.1.1 MES

O MES significa *Manufacturing Execution Systems* ou Sistema de Execução da Manufatura. É um sistema tecnológico automatizado que possibilita o

controle de dados de produções industriais, proporcionando o planejamento e acompanhamento em tempo real de diversos processos, além do histórico de cada produção (SKA, 2023). A Fig. 4 ilustra o acompanhamento da produção em tempo real em um fluxo de produção.

Figura 4: Acompanhamento em tempo real da produção



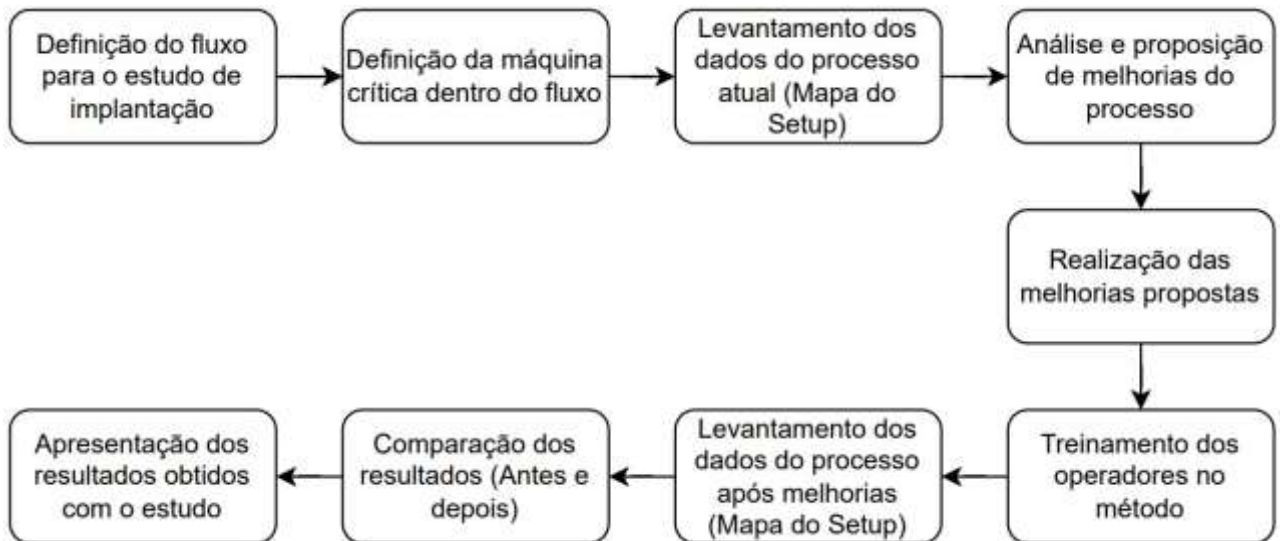
Fonte: Do autor (2023)

Através do MES é possível realizar o acompanhamento em tempo real da produção em determinado fluxo de produção ou máquinas selecionadas. A partir desse sistema obtêm-se a coleta de informações para ajustes de cadastros, aperfeiçoamento dos custos e acompanhamento de indicadores de produção, *setup*, interrupções, qualidade, entre outros.

3 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Nesta seção serão apresentados os procedimentos, equipamentos e materiais utilizados no desenvolvimento e caracterização do trabalho. A Fig. 5 apresenta por meio de um fluxograma as etapas envolvidas.

Figura 5: Fluxograma global das atividades desenvolvidas ao longo do trabalho



Fonte: Do autor (2023)

3.1 DEFINIÇÃO DO FLUXO E MÁQUINA

Para aplicação do estudo de implantação do método foram realizados estudos quanto aos atrasos, a demanda e ao número de *setups* realizados, e a partir dos resultados definiu-se o fluxo Job Shop e 2 Operações, que atualmente atuam de forma unificada, sendo responsáveis por cerca de 80% da produção total do setor de usinagem e principalmente na confecção de peças seriadas. Para fins de entendimento segue definições internas da empresa de todos os fluxos de produção do setor de usinagem, que são divididos em quatro segmentos:

- *Job Shop*: Peças que possuem apenas um processo, ou seja, passam apenas por uma máquina no setor de usinagem.
- 2 Operações: Peças que são processadas em duas máquinas no setor de usinagem.
- 3 + Operações: Peças que passam em três ou mais máquinas no setor de usinagem.
- Super Complexo: Peças que possuem em seu roteiro de produção a etapa de mandriladora e/ou tem mais que 500kg.

3.1.1 Máquina

A máquina definida para o estudo é um Centro de Usinagem Heller modelo MCI25.1 e atua em ambos os fluxos de produção, Job Shop e 2 Operações, na confecção de peças seriadas e de contrato, ou seja, que são produzidas com alta frequência e demanda. A Fig. 6 mostra a máquina na empresa em questão.

Figura 6: Foto da máquina piloto cuja nomenclatura é Centro de Usinagem Heller modelo MCI25.1



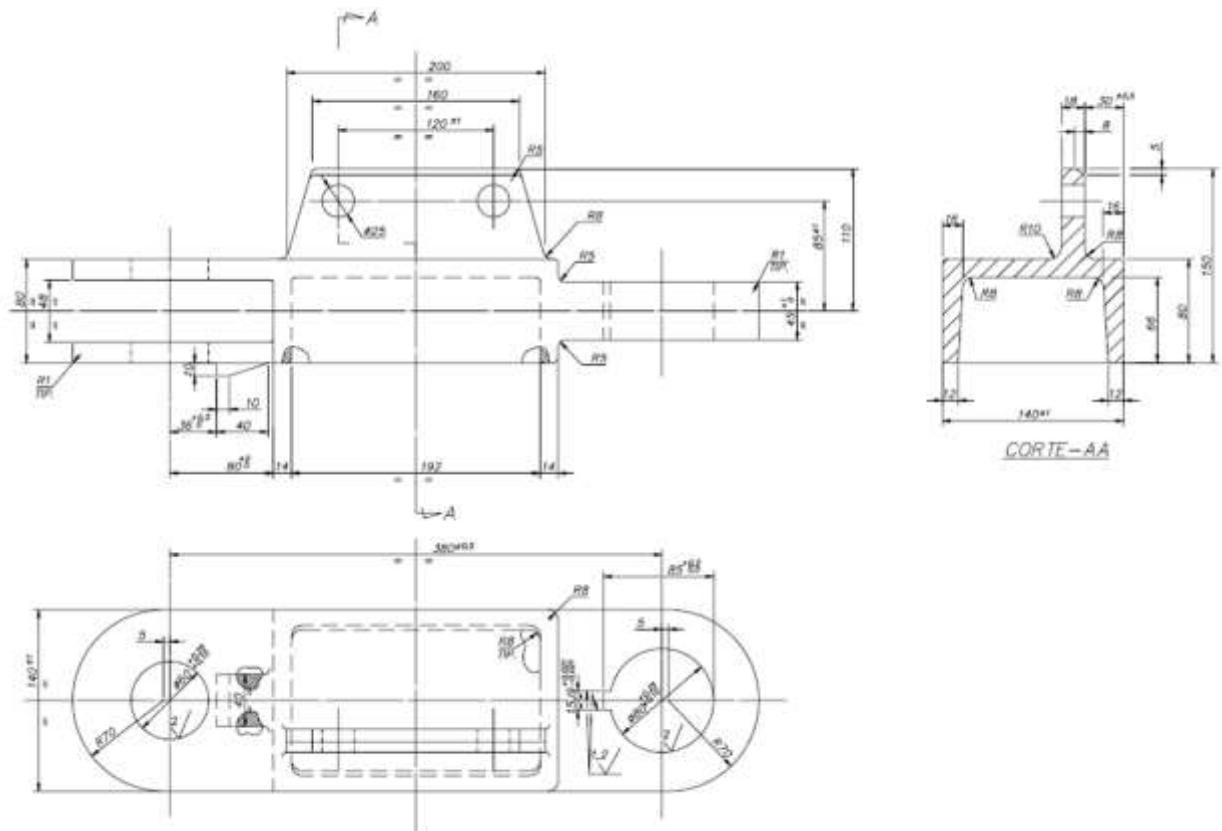
Fonte: Do autor (2023)

3.1.2 Definição do produto

Após a definição do fluxo e máquina para realização do estudo definiu-se o produto que seria acompanhado. Analisando as oportunidades de melhoria, a peça selecionada para esse trabalho faz parte do segmento de siderurgia da empresa, sendo um dos mais representativos da carteira, e ocupando 29,95% do total de vendas.

O produto apresenta em carteira 600 peças a serem entregues no ano de 2024, sendo, portanto, a redução do tempo de *setup* é de grande benefício para o atendimento da demanda fabril. A Fig. 7 apresenta a peça escolhida para o estudo.

Figura 7: Produto definido para o estudo de *setup*



Fonte: Do autor (2023)

3.2 MAPA DO SETUP

O mapa do *setup* tem como função o detalhamento das tarefas no *setup*, que foram registradas através de filmagens. Nessa etapa o objetivo é detalhar esse processo e posteriormente realizar as melhorias para transferir o máximo de tempo interno para externo. A Fig. 8 mostra o mapa dos elementos de tempo de *setup* utilizado na descrição das atividades.



validar a assertividade, ou seja, a variação do tempo estimado no primeiro *setup*, nomeado como tempo ideal, e o tempo realizado no segundo *setup*, apresentado na Eq. 2.

$$\text{Variação} = T.\text{ideal}/T.\text{realizado} \quad (2)$$

Onde:

T. ideal = Tempo ideal (min);

T. realizado = Tempo realizado (min);

Variação = Assertividade (%).

E por fim realiza-se a comparação do tempo do primeiro com o segundo *setup*, para dessa forma encontrar a redução e encontrar o resultado através da Eq.3.

$$\text{Redução} = (T.\text{SetupII} / \text{Setup I}) - 1 \quad (3)$$

Onde:

T. *Setup* I = Tempo preparação *setup* I (min);

T. *Setup* II = Tempo preparação *setup* II (min);

Redução = Redução do primeiro para o segundo *setup* (%).

3.3 DEFINIÇÃO DO TEMPO DE SETUP

A empresa de que se trata o estudo atende a diversos segmentos, como, siderurgia, mineração, montadoras, britagem, drenagem, entre outros, nesse sentido os tempos de *setup* são bem distintos uns dos outros, variando de uma máquina para outra, havendo *setup* de minutos até dias, sendo fabricações de peças seriadas, ou seja, em lotes e/ou de peças sob encomenda, podendo ser apenas uma peça.

Dessa forma houve a necessidade de adaptar o método desenvolvido por Shingo, considerando o tempo de *setup* a partir da remoção da última peça do lote A após finalizada na máquina até a primeira peça boa do lote B ser finalizada e também retirada da máquina.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES



Neste capítulo, serão apresentados os resultados do estudo desenvolvido durante a implementação desse trabalho.

4.1 PRIMEIRO SETUP

O processo de *setup* foi registrado através de filmagens, onde posteriormente foram realizadas as análises dos vídeos e elaborado o mapa dos elementos de *setup*, separando e medindo o TPI e TPE.

Todas as atividades realizadas durante o *setup* e seus respectivos tempos foram contabilizados. A Fig. 9 apresenta essas informações de forma parcial, pois algumas etapas foram ocultadas devido a quantidade de atividades realizadas dentro do *setup*, mas os resultados foram mantidos.

Figura 9: Classificação e detalhamento das etapas realizadas durante o *setup* I

DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE SETUP - MAPA DOS ELEMENTOS DE TEMPOS											
Data: 24/02/2024		PEÇA: ELO				Classificação					
Classe	T. corrido	T. pl/op.	T. otimiz.	T. ideal	Descrição do Elemento de Tempo	T Troca	R Regul.	Q Qualid.	P Procura	O Outros	U Usinagem
P	00:00:38	00:00:38	00:00:00	00:00:38	Buscar ponte				00:00:38		
T	00:01:20	00:00:42	00:00:42	00:00:00	Retirar a peça anterior	00:00:42					
O	00:01:41	00:00:21	00:00:21	00:00:00	Colocar peça anterior no palete					00:00:21	
R	00:02:55	00:01:14	00:00:00	00:01:14	Fixar suportes no esquadro		00:01:14				
O	00:03:05	00:00:10	00:00:10	00:00:00	Fechar porta					00:00:10	
U	01:18:46	00:04:51	00:04:51	00:00:00	Usinando lateral						00:04:51
R	01:20:06	00:01:20	00:00:00	00:01:20	Fazer zeramento da 8ª ferramenta		00:01:20				
Q	01:20:29	00:00:23	00:00:23	00:00:00	Conferir medida			00:00:23			
U	01:27:58	00:07:29	00:07:29	00:00:00	Usinando Ø25mm						00:07:29
Q	01:28:35	00:00:37	00:00:37	00:00:00	Conferir medida			00:00:37			
O	01:29:02	00:00:27	00:00:27	00:00:00	Virar mesa					00:00:27	
T	01:30:04	00:01:02	00:01:02	00:00:00	Retirar peça	00:01:02					
		01:30:23	0:51:09	0:39:14	RM DOO SETUP	00:01:44	00:41:38	00:09:10	00:04:52	00:05:17	00:27:42

Fonte: Do autor (2024)

O primeiro *setup* foi realizado sem a padronização dos procedimentos operacionais e as divisões entre *setup* interno e externo não existiam, logo cada *setup* era executado de uma forma diferente e em tempos distintos. Assim o primeiro *setup* obteve um tempo de 90 minutos.

Além disso nessa etapa verificou-se a necessidade de criar mais uma classificação para o mapa de elementos, sendo essa nomeada como: Usinagem (U). Uma vez que o tempo total de *setup* possui operações de usinagem dentro dele, assim



esse tempo ficou separado das demais classificações e pode ser comparado ao segundo *setup*.

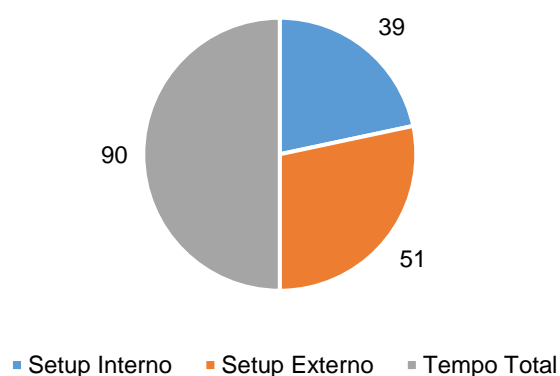
4.2 CONVERSÃO DOS TEMPOS

O início do trabalho se deu com a separação do tempo interno e externo, ou seja, todas as ações com os tempos zerados na coluna tempo otimizado foram consideradas como tempo externo, e aqueles que se mantiveram com o mesmo tempo do realizado na coluna de tempo por operação foram consideradas como tempo interno do *setup*, logo aplicou-se a técnica 1 e 2 citadas por Shigeo Shingo em seu livro O sistema Toyota de Produção, descritos no tópico 3.3.1 desse trabalho.

4.2.1 Setup interno e externo

Considerando a soma dos tempos das atividades que poderiam ser convertidas em *setup* externo, chegou-se ao resultado de 51 minutos, dessa forma o tempo de *setup* interno foi de 39 minutos, esse por sua vez foi identificado como tempo ideal, sendo assim, a meta para o segundo *setup*. A Fig. 10 evidencia as oportunidades de melhorias, onde é possível verificar que a nomenclatura do tempo otimizável passa a ser identificada como o tempo possível de se converter em TPE, que nada mais é que o tempo em que foram realizadas as melhorias para a redução do tempo de *setup*.

Figura 10: Conversão do tempo otimizável em tempo de *setup* externo.

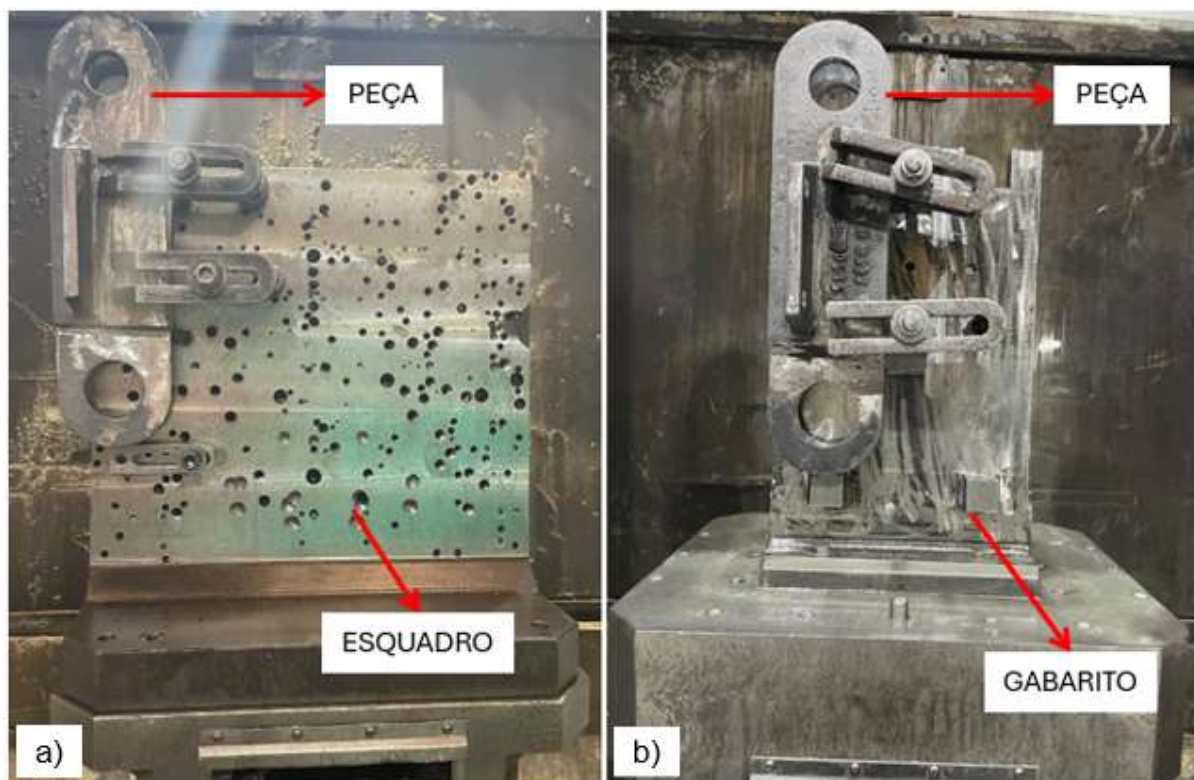


Fonte: Do autor (2024)

4.2.2 Dispositivo intermediário

Visto as oportunidades de melhoria optou-se para esse caso na confecção de um gabarito, que facilitou a fixação e a centralização das peças. A Fig. 11 mostra as fixações da peça, onde em (a) a peça é presa ao esquadro da máquina, já em (b) é apresentado a peça fixada ao gabarito confeccionado

Figura 11: Fixação da peça na máquina, onde em (a) a mesma está presa ao gabarito e em (b) está fixada ao gabarito.



Fonte: Do autor (2024)

A fim de garantir o método, foi desenvolvido uma folha de processo, que tem por objetivo informar as ferramentas e os instrumentos de medição utilizados no *setup*, criando desse modo um padrão. A Fig 12 apresenta a folha de processo citada.

Figura 12: Folha de processo do item selecionado

DADOS DO PRODUTO							
ITEM	4000203	NOME					
MATERIAL		CLIENTE					
DADOS DO PROCESSO DE USINAGEM							
MÁQ.	CN12	T.PEÇA		T. SETUP		PROGRAMA CAM	SIM
PRIMEIRA OPERAÇÃO				INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO			
SEQ.	TOOLS	"L"	(RPM)	AVANÇO			
1	CAB. Ø100 OFEX				SÚBITO 50 - 150		
2	MAND. DUPLO Ø55 - Ø59,5				MICROMETRO EXTERNO 75 - 100		
3	MAND. DUPLO Ø75 - Ø79,5				MICROMETRO EXTERNO 50 - 75		
4	MAND. ACABAMENTO Ø60				INFORMAÇÕES ADICIONAIS DISPOSITIVO GERENCIADO PELO PRESET, USADO 2 DISPOSITIVOS NAS DUAS MESAS DA HELLER PARA EVITAR TEMPO DE TROCA.		
5	MAND. ACABAMENTO Ø80						
6	ESCAREADOR 45° Ø32						
7	CAB. Ø50 APKT	300					
8	TMAX 26						
FERRAMENTAL E FIXAÇÃO							
DISPOSIT.	SIM			GABARITO	SIM		
							
ELABORADO		DATA		APROVADO		REVISÃO	0

Fonte: Do autor (2023)

4.3 SEGUNDO SETUP

O processo do segundo *setup* foi realizado já com a implantação das melhorias. Com a criação da folha de processo obtém-se um método pré-definido para a preparação do *setup*, isto é, têm-se um direcionamento do que usar e como fazer o *setup* de forma padronizada. Essa preparação é realizada pelo setor de Preset, que também disponibiliza o programa CNC para a máquina.

Essa sessão deve ser aliada a gestão dos postos de trabalho gerenciada, onde se tem como objetivo a redução dos deslocamentos do operador pela procura, classificada dentro do mapa de elementos.

A Fig. 13 apresenta o mapa dos elementos do segundo *setup*, também de forma parcial com etapas do processo ocultadas devido a quantidade de atividades realizadas dentro do *setup*, mas com os resultados mantidos, onde é possível observar a redução do tempo por operação, do tempo de usinagem e das demais classificações.



Figura 13: Classificação das etapas realizadas durante o *setup* II

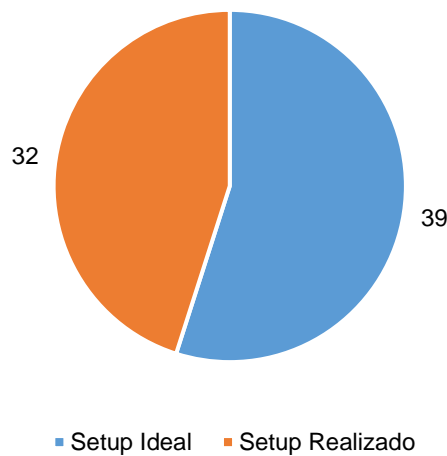
DESCRIBÇÃO DAS ATIVIDADES DE SETUP - MAPA DOS ELEMENTOS DE TEMPOS									
Data: 05/03/2024		PEÇA: ELO		Classificação					
Classe	T. corrido	T. p/ op.	Descrição do Elemento de Tempo	T	R	Q	P	O	U
				Troca	Regul.	Qualid.	Procura	Outros	Usinagem
T	00:00:30	00:00:30	Retirar peça anterior	00:00:30					
O	00:00:41	00:00:11	Colar peça anterior no palete					00:00:11	
R	00:02:03	00:01:22	Retirar suporte anterior da máquina		00:01:22				
R	00:02:42	00:00:39	Fixar gabarito		00:00:39				
R	00:03:18	00:00:36	Fixa peça no gabarito		00:00:36				
O	00:03:27	00:00:09	Fechar a porta					00:00:09	
R	00:04:45	00:01:18	Chamar programa (1ª ferramenta)		00:01:18				
U	00:16:15	00:11:30	Usinando lateral						00:11:30
Q	00:27:24	00:00:11	Conferir medida			00:00:11			
O	00:27:46	00:00:22	Fechar porta					00:00:22	
R	00:27:59	00:00:13	Troca para 9ª ferramenta		00:00:13				
U	00:29:14	00:01:15	Usinando face do Ø60mm						00:01:15
O	00:29:26	00:00:12	Abrir porta					00:00:12	
O	00:29:51	00:00:25	Passar ar					00:00:25	
O	00:30:12	00:00:21	Retirar cavaco					00:00:21	
O	00:30:23	00:00:11	Passar ar					00:00:11	
Q	00:30:41	00:00:18	Conferir medida			00:00:18			
R	00:31:08	00:00:27	Virar mesa		00:00:27				
T	00:32:13	00:01:05	Retirar peça	00:01:05					
		00:32:13	RM DOO SETUP	00:01:35	00:06:07	00:00:43	00:00:00	00:02:44	00:21:04

Fonte: Do autor (2024)

Ao examinar os tempos do segundo *setup* e fazer a comparação com o primeiro *setup* se evidencia as melhorias encontradas adotando a ferramenta TRF. A Fig. 14 salienta essa comparação.

Figura 14: Tempo ideal versus tempo realizado do *setup* II

Tempo Ideal x Tempo Realizado



Fonte: Do autor (2024)



Ao comparar o tempo obtido no primeiro *setup* nomeado como tempo ideal, isto é, retirando o TPE e deixando apenas as atividades que de fato eram necessárias serem realizadas com a máquina parada com o tempo realizado do segundo *setup* chegou-se em uma variação de apenas 18% do tempo estimado. Esse cálculo foi realizado conforme Eq. 2 apresentada anteriormente.

Assim chegou-se a uma assertividade de 82% do primeiro para o segundo *setup* apenas aplicando a primeira técnica do Shingo, desse modo observou-se que o uso do método atinge resultados positivos.

4.4 COMPARAÇÃO DO PRIMEIRO E SEGUNDO SETUP

Por fim o tempo final do *setup* foi de 32 minutos, apresentando, portanto, uma redução de 64% do tempo do primeiro *setup*. Esse resultado foi obtido através da Eq. 3, onde a redução é encontrada com a divisão dos resultados do primeiro e segundo *setup*.

Na Tab. 1 podem ser observado as comparações dos tempos de cada *setup*, antes e depois da implantação do método.

Tabela 1: Comparação dos tempos do primeiro e segundo *setup*

Setup	T. p/ op. [min]	Regulagem [min]
Setup I	90	41
Setup II	32	6

Fonte: Do autor (2024)

Nesse sentido é possível observar que a confecção do gabarito impactou significativamente no tempo de regulagem e a diminuição do tempo total de *setup*, alinhada as demais atividades desenvolvidas. Desse modo chegou-se a um resultado com redução de mais de 50% do tempo inicial, sendo assim o tempo de preparação para um *setup* agora passou a ser para dois.



5 CONCLUSÃO

A implementação da metodologia de Troca Rápida de Ferramentas (TRF) no setor de usinagem da empresa em que o estudo se concentrou, demonstrou resultados significativos na redução dos tempos de *setup*, melhorando a eficiência e a produtividade da máquina piloto desse trabalho.

Inicialmente, os *setups* eram realizados sem padronização, resultando em variações consideráveis no tempo de realização da preparação da máquina. Após a aplicação das técnicas e método de Shigeo Shingo, foi possível converter uma parte substancial do *setup* interno em externo, principal objetivo da metodologia, diminuindo o tempo de parada da máquina, deslocamento do operador para buscas e, conseqüentemente, aumentando a capacidade produtiva.

A análise comparativa entre o primeiro e o segundo *setup* mostrou uma redução de 64% no tempo de preparação, destacando a eficácia das melhorias implementadas. A assertividade de 82% na adaptação das técnicas reforça a viabilidade da metodologia TRF para outras máquinas e fluxos produtivos na empresa.

Essa abordagem não apenas atendeu as necessidades imediatas de redução de custos e aumento de flexibilidade produtiva da empresa, mas também contribuiu para a manutenção da qualidade dos produtos e a satisfação dos clientes com a redução do lead time de entrega.

Portanto, a implantação da TRF é recomendada para todos os setores da usinagem e potencialmente para outras áreas da indústria, com a expectativa de que continue a proporcionar melhorias contínuas na eficiência operacional e competitividade da empresa no mercado global.

Como sugestão para trabalhos futuros, é relevante aplicar o método a outras máquinas e segmentos, tendo como objetivo a implantação do TRF para um setor completo, com foco na redução dos tempos principalmente para outros setores da empresa, como fundição.



REFERÊNCIAS

CORRÊA, Henrique L.; GIANESI, Irineu G. N. **Just in Time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. São Paulo: Atlas, 1996.

ECOPROD. **TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS**. 2024. Consultoria e Gestão da Produção. Farroupilha - Consultoria, 2018.

HAY, Edward J. **Just-in-Time: Um exame dos novos conceitos de produção**. São Paulo: Maltese - Editorial Norma, 1992.

KLIPPEL, Altair Flamarion. **TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS - TRF**. 2019. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Minas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.

LEÃO, Thiago. **LEAD TIME: O QUÊ, PARA QUE SERVE E COMO REDUZIR**. Blog Industrial Nomus, 2023.

LIMA, Magali Aparecida; CORNELIUS, Rui Airton. **UMA ANÁLISE DE SETUP INTERNO E EXTERNO PRODUÇÃO DE EMBALAGEM SÓLIDOS, EM INDÚSTRIA FARMACÊUTICA**. 2015. 18 f. Tese (Doutorado) - Curso de Tecnologia de Gestão da Produção Industrial, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Santo Ângelo, 2015.

MATTANA, Franco de Almeida; PASA, Giovana Savitri. **TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS: IMPLEMENTAÇÃO DE UMA SISTEMÁTICA AMPLIADA**. 2023. 25 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

SUGAI, Miguhele; MCINTOSH, Richerd; NOVASKI, Olívio. **Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso**. Gest. Prod., São Carlos, v. 14, n. 2, p. 323-335, maio-ago. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/gp/a/8zqzvd8p5HgGgbszxtSqzYs/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 de dezembro de 2024.

MONDEN Y. Sistema Toyota de Produção. IMAM, São Paulo, 1984.

RAPID DIRECT. **GABARITO DE FIXAÇÃO: o que você precisa saber sobre as duas ferramentas de usinagem**, China, 2021.

REIS, M. E. P.; ALVES, J. M. Um método para o cálculo do benefício econômico e definição da estratégia em trabalhos de redução do tempo de setup. **Gestão e Produção**, v. 17, n. 3, p. 579-588, 2010.

SHINGO, Shigeo. **Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos**. Porto Alegre: Bookmam, 2000.



SHINGO, Shigeo. **O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO**: do ponto de vista da engenharia de produção. 1996. 281 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Artmed Editora S.A., Porto Alegre, 2017.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Roberto. **Administração da produção**. 2018. Editora Atlas.

SILVA, Amanda Costa da. **TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS: UM ESTUDO DA APLICAÇÃO NO SETOR DE SERIGRAFIA EM UMA INDÚSTRIA DE CONFECÇÃO**. 2012. 66 f. Monografia (Especialização) - Curso de Engenharia de Produção Mecânica, Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

SKA. **SOLUÇÃO MES: O que é, como funciona e quais benefícios**, Empresa de software, Caxias do Sul, 2023. Acesso: <https://ska.com.br/>

STEIN, Caroline. **Lean Manufacturing: o que é e como funciona?**. 2024. Disponível em: <https://www.paripassu.com.br/blog/lean-manufacturing#:~:text=Lean%20Manufacturing%20%C3%A9%20uma%20filosofia,Boa%20leitura!>. Acesso em: 06 de dezembro de 2024.

STOETERAU, Rodrigo Lima. **Fundamentos dos Processos de Usinagem**. 2023. 75 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Usinagem, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2023.

TRINDADE, Kaciê Karoline de Araújo. **TECNOLOGIA E PROCESSOS DE USINAGEM**. 2023. 135 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Tecnologia e Processos de Usinagem, Faculdade Unyleya, Florianópolis, 2023.
WOMACK, James P.; JONES, Daniel T. **Pensamento Lean: acabe com o desperdício e crie riqueza em sua corporação**. 2ª ed. Nova York: Simon & Schuster, 2003.