

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA
CAMPUS JOINVILLE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM
MECATRÔNICA INDUSTRIAL

ALEXANDRE MARCOS HELFENBERGER

REDUÇÃO DE SETUP DE UM TORNO
TRANSFER DE USINAGEM

Joinville

06 de Dezembro de 2018

ALEXANDRE MARCOS HELFENBERGER

REDUÇÃO DE SETUP DE UM TORNO
TRANSFER DE USINAGEM

Submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos de obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial.

Orientadores: Valter Vander de Oliveira, Msc e Kelly Patrícia Dias Schwede, Msc.

Joinville

06 de Dezembro de 2018

ALEXANDRE MARCOS HELFENBERGER

REDUÇÃO DE SETUP DE UM TORNO
TRANSFER DE USINAGEM

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso de Mecatrônica Industrial do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Joinville, 06 de Dezembro de 2018.

Prof. Emerson Luís de Oliveira, M. Sc.
Prof. Avaliador.

Prof^a. Kelly Patrícia Dias Schwede, M. Sc.
Prof. Avaliador.

Prof. Leônidas Cayo M. Gilapa, M. Sc.
Prof. Avaliador.

Ao Professor Valter Vander de Oliveira e à Professora Kelly Patrícia Dias Schwede, com quem partilhamos a essência daquilo que veio a ser esse trabalho.
Nossas conversas durante o desenvolvimento foram fundamentais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por fornecer força, persistência, saúde e determinação para conclusão desse trabalho.

A minha esposa, filha, pais, irmãos todos os familiares que nos deram o devido apoio.

A todos os setores do IFSC que de alguma forma através da sua estrutura deram as condições necessárias e favoráveis à minha capacitação e desenvolvimentos de trabalhos e pesquisas institucionais.

Ao IFSC Joinville por fornecer conhecimentos necessários para chegar a esse estágio de desenvolvimento.

A todos os nossos colegas que de alguma forma ajudaram a realizar o trabalho de pesquisa e desenvolvimento e conclusão do trabalho.

Aos professores que nos guiaram e instruíram através dos teores das disciplinas e pelas atitudes assumidas diante da nossa proposta de trabalho. Especialmente aos orientadores, professor Valter Vander de Oliveira e professora Kelly Patrícia Dias por sua disponibilidade, cooperação, orientação e assistência durante todo o transcorrer da idealização, desenvolvimento e finalização do trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo envolvendo principalmente a obtenção de redução de tempo de setup de uma ferramenta de uma unidade de um torno transfer localizado em uma empresa multinacional na cidade de Joinville, reduzindo custos e aumentando a produtividade. A metodologia usada TRF (Troca rápida de ferramentas) norteou todo o projeto. Essa metodologia foi muito importante, pois ajudou a enxergar onde estavam as maiores perdas e nos permitiu estratificar e trabalhar no foco do problema para obtenção de melhores resultados.

A aplicação da metodologia melhorou o processo analisado através do desenvolvimento de uma nova concepção de cabeçote de mandrilamento para a usinagem de uma peça chamada eixo, sendo essa peça um componente de um compressor hermético. Esse estudo de caso resultou na redução do tempo de setup em 55% e redução de 30% dos custos com insertos.

Palavras-Chave: Setup, TRF, Mandrilamento.

ABSTRACT

This work presents a study involving mainly the reduction of setup time of a tool of a unit of a lathe transfer located in a multinational company in the city of Joinville, reducing costs and increasing productivity. The methodology used TRF (Rapid tool change) guided the whole project. This methodology was very important because it helped to see where the greatest losses were and allowed us to stratify and work on the focus of the problem to obtain better results.

The application of the methodology improved the analyzed process through the development of a new boring head design for the machining of a workpiece called a shaft, this part being a component of a hermetic compressor. This case study resulted in a reduction of setup time by 55% and a 30% reduction in insertion costs.

Keywords: Setup, SMED, Boring.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 FERRAMENTAS PARA TORNAR UMA EMPRESA LEAN.	18
FIGURA 02 INTERFACES EM COMUM ENTRE O JIT E O TQC.....	19
FIGURA 03 ITENS NECESSÁRIOS PARA REDUÇÃO DE ESTOQUE	20
FIGURA 04 ESQUEMA GRÁFICO REPRESENTADO NO SMED	21
FIGURA 05 BASES PARA IMPLANTAÇÃO DO SMED	23
FIGURA 06 SEQUÊNCIA DE UM SETUP	24
FIGURA 07 MÁQUINA TRANSFER GROB DENOMINADA GB 832.....	28
FIGURA 08 ESTRATIFICAÇÃO DE 1º NÍVEL	29
FIGURA 09 ESTRATIFICAÇÃO DE 2º NÍVEL	29
FIGURA 10 ESTRATIFICAÇÃO DE 3º NÍVEL	30
FIGURA 11 EIXO BRUTO.....	30
FIGURA 12 EIXO DESBASTADO	31
FIGURA 13 TROCA DE FERRAMENTAS	31
FIGURA 14 ATIVIDADES DO SETUP	33
FIGURA 15 CLASSIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES DO SETUP	35
FIGURA 16 GRÁFICO DA CLASSIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES DO SETUP	35
FIGURA 17 BARRA DE USINAGEM.....	36
FIGURA 18 CÁPSULAS DE DOIS INSERTOS	36
FIGURA 19 CÁPSULAS DE UM INSERTO.....	36
FIGURA 20 1º PROTÓTIPO DA BARRA	37
FIGURA 21 BARRA COM FURO DE OITO MILÍMETROS	38
FIGURA 22 BARRA COM FURO DE TRÊS MILÍMETROS.....	38
FIGURA 23 BARRA COLIDINDO COM DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO.....	38
FIGURA 24 EIXO NO DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO	39
FIGURA 25 DISPOSITIVO DE FIXAÇÃO	39
FIGURA 26 SIMULAÇÃO NO CAD	39
FIGURA 27 INSERTOS EXTERNOS	40
FIGURA 28 INSERTOS INFERIORES E PARAFUSOS DO FLANGE.....	40
FIGURA 29 DESENVOLVIMENTO E SOLUÇÃO FINAL.....	41
FIGURA 30 BARRAS RESERVAS	41
FIGURA 31 DESLOCAMENTO ANTERIOR.....	42
FIGURA 32 DESLOCAMENTO ATUAL	42
FIGURA 33 GRÁFICO DA REDUÇÃO TOTAL DO SETUP	43
FIGURA 34 GRÁFICO DA CONVERSÃO DE ATIVIDADES INTERNAS EM EXTERNAS	43
FIGURA 35 GRÁFICO DA REDUÇÃO DAS ATIVIDADES INTERNAS	44
FIGURA 36 GRÁFICO DO GANHO DO OEE.....	45
FIGURA 37 GRÁFICO DOS GANHOS FINANCEIROS	45

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS, GRANDEZAS E SÍMBOLOS.

Sigla/Símbolo	Significado Original	Tradução/Grandeza
CNC	Computerized Numerical Control	Controle Numérico Computadorizado
HEIJUNKA	HEIJUNKA	Nivelamento da produção
JIT	JUST IN TIME	Produzir a quantidade certa na hora certa
OEE	Overall Equipment Effectiveness	Eficiência Geral do Equipamento
POKA YOKE	POKA YOKE	Dispositivo a prova de erros
PRESETTING	Preset	Ajuste predefinido
SETUP	Setup	É o tempo que alguém ou uma equipe demora a concluir uma mudança de tipo ou ferramenta na máquina.
SMED	Single Minute Exchange of Die	Troca rápida de ferramentas
STP/TPS	Toyota Production System	Sistema Toyota de Produção
TACK TIME	Tack Time	Tempo Disponível para Produção
TRF	Single Minute Exchange of Die	Troca rápida de ferramentas
TQC	Total Quality Management	Controle de Qualidade Total
WCM	World Class Manufacturing	Manufatura de Classe mundial
WIP	Work in Progress	Trabalho em progresso

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	JUSTIFICATIVA.....	15
1.2	OBJETIVO GERAL	15
1.3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4	DIVISÃO DO TRABALHO.....	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1	MANUFATURA ENXUTA.....	17
2.2	O SISTEMA JUST-IN- TIME.....	18
2.3	TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS (TRF).....	20
2.4	METODOLOGIA DE REDUÇÃO DE SETUP - SHINGO	22
2.5	CONCLUSÃO	24
3	DESENVOLVIMENTO DO PROJETO.....	25
3.1	METODOLOGIA DE PESQUISA.....	25
3.2	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA	27
3.3	FASE DE DIAGNÓSTICO OU FASE EXPLORATÓRIA	28
3.3.1	ESTRATIFICAÇÃO DE 1º NÍVEL	28
3.3.2	ESTRATIFICAÇÃO DE 2º NÍVEL	29
3.3.3	ESTRATIFICAÇÃO DE 3º NÍVEL	30
3.3.4	A UNIDADE 2/B	30
3.3.5	IDENTIFICAR AS ATIVIDADES.....	31
3.3.6	CLASSIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES	31
3.3.7	CLASSIFICAÇÃO DAS ATIVIDADES INTERNAS EM EXTERNAS	33
3.3.8	SITUAÇÃO ATUAL DO SETUP.....	35
3.4	DEFINIÇÃO DAS MELHORIAS E PRIORIZAÇÃO DA IMPLANTAÇÃO.....	36
3.4.1	ESCOLHA DO PROJETO.....	37
3.4.2	IMPLANTAÇÃO DAS MELHORIAS DEFINIDAS (FASE DE AÇÃO)	37
3.4.3	PRIMEIRO TESTE DO PROTÓTIPO	38
3.4.4	SEGUNDO TESTE DO PROTÓTIPO.....	38
3.4.5	ANÁLISE DA COLISÃO	39
3.4.6	MELHORIAS PARA O TERCEIRO TESTE.....	40
3.4.7	TESTE FINAL	40

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	41
4.1	DIAGRAMA SPAGHETTI	41
4.2	REDUÇÃO DO TEMPO TOTAL DE SETUP.....	42
4.3	CONVERSÃO DE ATIVIDADES INTERNAS EM EXTERNAS	43
4.4	REDUÇÃO DAS ATIVIDADES INTERNAS	44
4.5	RESULTADO FINAL	44
4.5.1	AUMENTO DO OEE DA MÁQUINA.....	44
4.5.2	RESULTADOS FINANCEIROS.....	45
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	46
5.1	OPORTUNIDADES DE MELHORIA	46
	REFERÊNCIAS.....	48

1 INTRODUÇÃO

A competitividade no ambiente globalizado destaca a importância de se tornar mais eficiente na execução de processos operacionais e administrativos da empresa e aperfeiçoar recursos. (RODRIGUES et al., 2015).

O trabalho foi executado em uma empresa multinacional na cidade de Joinville, SC, onde se identificou que havia uma demora no setup de uma ferramenta de uma unidade de um torno transfer da marca GROB. Esta ferramenta ocasionava perda de produtividade e qualidade, aumentando os custos da operação. Em razão deste problema o objetivo do trabalho foi reduzir o tempo de setup e se possível obter melhorias de qualidade e redução de custos de operação da máquina aplicando os conceitos da Troca Rápida de Ferramentas (TRF) do inglês Single Minute Exchange of Die (SMED).

Com o aumento da concorrência entre as fábricas em todo o mundo, muitas delas têm adotado estratégias para aumentar sua competitividade, bem como atender às necessidades dos clientes. Este projeto tem como proposta a utilização de estratégias de produção, minimizando as perdas com as trocas de ferramentas e aumentando a disponibilidade da máquina para a produção.

1.1 Justificativa

Os processos de usinagem passaram nestes últimos anos por profundas mudanças visando, principalmente, o aumento da produtividade e a garantia da qualidade.

O estudo em questão atua justamente neste contexto de aumento de produtividade, pois a perda de tempo por setup na unidade 2/B da transfer GROB impactava fortemente na produção da máquina.

A aplicação de uma metodologia de melhoria de processos para consequente aumento da produção vai de encontro ao que as empresas mais modernas buscam para se manter competitivas no cenário nacional e internacional.

1.2 Objetivo Geral

Este estudo tem como objetivo usar a metodologia de análise TRF para reduzir o tempo de setup de uma ferramenta de uma unidade de um torno transfer

de usinagem, a partir de diversas melhorias de processos e de métodos de trabalho nesta máquina. A redução deste tempo é essencial para que se aumente a produtividade do torno e mantenha a empresa competitiva no mercado. Este torno usina uma peça denominada eixo que é componente integrante do produto final que é o compressor hermético.

1.3 Objetivos específicos

Para o desenvolvimento do estudo foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- Pesquisar a metodologia TRF para redução de Setup;
- Desenvolver propostas viáveis e em comum acordo com a liderança da empresa;
- Reduzir o setup da ferramenta da unidade 2/B (gargalo);
- Reduzir o custo com insertos nesta operação;
- Facilitar o presetting da barra de mandrilar permitindo que essa preparação seja feita por operadores menos experientes

1.4 Divisão do trabalho

Neste capítulo, foram descritos os objetivos e a justificativa do trabalho de redução de setup. No capítulo 2 será descrito a revisão bibliográfica empregada neste trabalho. O capítulo 3 tratará do desenvolvimento do projeto e no capítulo 4 serão apresentados os resultados obtidos. E por último no capítulo 5 serão abordadas a conclusão e algumas sugestões para futuros trabalhos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados conceitos básicos sobre alguns pontos relevantes da pesquisa, tais como a manufatura enxuta e a metodologia TRF (troca rápida de ferramentas).

2.1 Manufatura Enxuta

A manufatura enxuta se fortaleceu na falta de recursos naturais do Japão (período pós-segunda guerra mundial). Neste período o custo de mão de obra era elevadíssimo (cerca de cinco vezes maiores que o valor da hora-máquina) e fez com que os japoneses começassem a estudar o assunto em questão com bastante ênfase. (SHINGO, 1996). Com todos estes problemas encontrados no Japão, principalmente a escassez de recursos, muitos estudos foram implantados em indústrias japonesas, sendo representados por Taiichi Ohno, que elaborou estudos referentes à movimentação de um funcionário durante seu expediente de trabalho. Isto teve uma grande repercussão, pois trouxe grandes melhorias no custo de produção da Toyota Motors, rompendo diversos paradigmas que circundavam este assunto no mundo inteiro. (SHINGO, 1996).

Para o mais perfeito entendimento do Sistema Toyota de Produção é necessária à compreensão do funcionamento da produção, que é definida por Shingo (1996) como uma rede de processos e operações. O percurso que sofre a matéria-prima até virar estoque intermediário e destes até se tornarem produtos acabados são definidos como processos, e a ação de fabricação destes produtos realizados pelo ser humano é denominado operação.

Com este conceito fundamentado é possível fazer o estudo de melhoria de duas frentes: o processo e as operações. Segundo Antunes (1993) este entendimento permite:

- Compreender a lógica do Sistema Toyota de Produção (STP);
- Esclarecer um método que possibilita a construção de outros sistemas complementares ao STP;

Segundo Ball (2015) a adoção do Lean tem capacitado as empresas a se concentrar na entrega oportuna de produtos de qualidade ao cliente com baixo desperdício. Rymaszewska (2014) afirmou que a idéia de Lean pode ser resumida em uma definição simples e curta: "fazendo mais com menos".

Conforme Womack et al (1996), há cinco pilares principais da manufatura enxuta. São eles:

- Especificar o valor;
- Identificar a cadeia de valor dos produtos e remover as etapas que geram desperdícios;
- Fazer com que as etapas que criam valor fluam;
- Fazer com que a produção seja “puxada” pela demanda;
- Gerenciar para se buscar a perfeição.

Segundo Miyake (1998) para se tornar *lean* uma empresa precisa melhorar e implantar diversas ferramentas (Figura 01) para atingir o efeito esperado por todos os colaboradores:

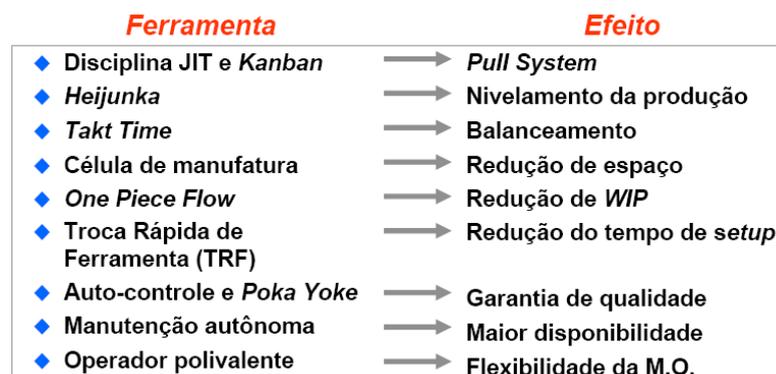


Figura 01 Ferramentas para tornar uma empresa Lean.

2.2 O Sistema JUST-IN-TIME

Para Vokurka e Rhonda (2000), o just-in-time (JIT) se apresenta como principal idéia para produzir somente o que é necessário, no momento necessário e na quantia exata.

Segundo Davis (2001), “o JIT é um conjunto de atividades projetado para atingir a produção em alto volume, utilizando estoques mínimos de matérias-primas, estoques intermediários e produtos acabados”.

Tubino (2000) comenta que “alguns autores costumam apresentar separadamente os conceitos de JIT e TQC”. Segundo o autor citado, o JIT seria uma filosofia voltada para otimização de processos e produtos e o TQC voltado para

qualidade, porém o TQC e o JIT possuem algumas interfaces em comum conforme quadro mostrado na Figura 02:

Filosofia JIT/TQC	
Satisfazer as necessidades do cliente	
Eliminar desperdícios	
Melhorar continuamente	
Envolver totalmente as pessoas	
Organização e visibilidade	
JIT	TQC
Produção focalizada	Produção orientada pelo cliente
Produção puxada	Lucro pelo domínio da qualidade
Nivelamento de produção	Priorizar as ações
Redução de Lead Times	Agir com base em fatos
Fabricação de pequenos lotes	Controle do processo
Redução de Setups	Responsabilidade na fonte
Manutenção preventiva	Controle a montante
Polivalência	Operações a prova de falha
Integração interna e externa, etc.	Padronização

Figura 02 Interfaces em comum entre o JIT e o TQC

O JIT requer idealmente alto desempenho em todos os objetivos de desempenho da produção:

- a) A qualidade deve ser alta porque distúrbios na produção devidos a erros de qualidade irão reduzir o fluxo de materiais, reduzir a confiabilidade interna de fornecimento, além de gerar o aparecimento de estoques, caso os erros reduzam a taxa de produção em algum ponto de operação.
- b) A velocidade, em termos de rápido fluxo de materiais, é essencial, caso se pretenda atender à demanda dos clientes diretamente com a produção, ao invés de através dos estoques.
- c) A confiabilidade é um pré-requisito para um fluxo rápido, ou, olhando por outro lado, é muito difícil atingir fluxo rápido se o fornecimento de componentes ou os equipamentos não são confiáveis.
- d) A flexibilidade é especialmente importante para que se consiga produzir em lotes pequenos, atingindo-se fluxo rápido e *lead time* curtos. Esta referência faz-se às flexibilidades de mix e de volumes.

Peinado (1999) relata que “apenas a implantação, do sistema Kanban está longe de ser suficiente, pois ele não reduz estoques, apenas limita seu nível máximo”. O autor sugere que além da implantação do sistema, há outros itens que precisam ser analisados para redução dos estoques, conforme é possível visualizar na Figura 03.



Figura 03 Itens necessários para redução de estoque

2.3 Troca rápida de ferramentas (TRF)

O sistema de troca rápida de ferramentas (TRF) foi desenvolvido no início da década de 50, onde Shingeo Shingo elaborou um trabalho para otimização de prensas de estampagem de corpo na empresa *Mazda da Toyou Kogyo em Hiroshima*. Shingo foi encarregado do estudo visando à melhoria do processo e a eficiência das máquinas.

Logo no primeiro dia de estudos do grupo foi verificado por Shingo, no momento da troca das matrizes da prensa, a falta de um último parafuso para prender a matriz na máquina. Este parafuso foi localizado pela equipe de preparação de máquinas quase uma hora mais tarde. Posteriormente, Shingo buscou soluções para que este problema não ocorresse mais. (SHINGO, 1996).

Segundo Shingo (1996), “estabelecemos um processo de seleção cuidadosa e colocamos os parafusos necessários em caixas específicas. Também melhoramos o procedimento geral ao realizar todas as atividades possíveis em *setups* externos”.

Depois deste acontecimento, foi claramente visto que *setups* precisam ser divididos em externos e internos e a partir deste caso foi começado a dar mais importância para o tempo perdido em uma máquina entre o término de produção de um produto e o início de produção de outro produto. (SHINGO, 1996).

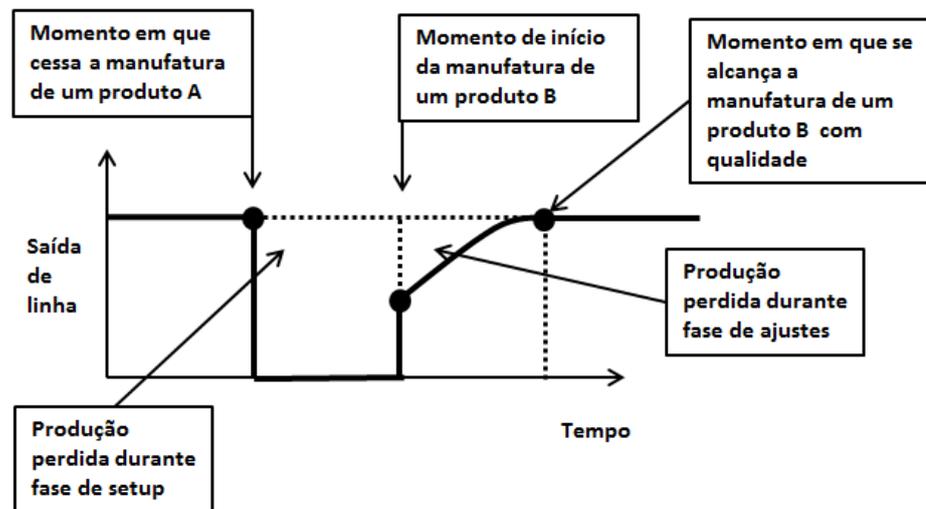
Entende-se por *setup* interno, todas as operações que podem somente ser realizadas quando a máquina está parada e por *setup* externo aquelas operações que podem ser realizadas quando a máquina está em operação. (SHINGO, 1996).

A segunda experiência relacionada à TRF ocorreu na *Mitsubishi Heavy Industries*, quando Shingo sugeriu a redução de tempo de *setup* onde posteriormente as melhorias, foram alcançados 40% de aumento de produtividade e a primeira conversão de *setup* interno em externo (SHINGO, 1996).

O terceiro estudo foi realizado em 1969, numa fábrica de carrocerias da *Toyota Motor Company*, onde Shingo e sua equipe separaram o *setup* em interno e externo e com isso conseguiu reduzir o tempo de preparação de 4 horas para 90 minutos, em seis meses de trabalhos. Não satisfeita, a direção da empresa colocou como meta a redução de *setup* para apenas 3 minutos. (SHINGO, 1996)

Conforme Shingo (1996) foi relatada uma proposta para redução da preparação e o autor citado comentou que “Por um instante fiquei pasmo com o que foi exigido, com isso pensou: Por que não converter tempo de preparação interno (TPI) em tempo de preparação externo (TPE)”. Após mais um trimestre a redução foi conseguida para três minutos.

Depois destas experiências foi criado o conceito SMED (*Single Minute Exchange of Dies*), que nada mais é do que o tempo decorrido entre a saída do último produto A da máquina, até a saída do primeiro produto B com qualidade conforme mostrado no gráfico da figura 04. (SHINGO, 1996).



Fonte: Culley et al (2001)

Figura 04 Esquema gráfico representado no SMED

A grande idéia da TRF (troca rápida de ferramentas) é a redução e otimização dos setups. Na prática, a redução de setups é dividida em estratégias e técnicas práticas de implantação. Esta divisão parte da proposta de SHINGO designada por ele de SMED. (SHINGO, 1996).

2.4 Metodologia de redução de setup - SHINGO

Shingo (2000) define a TRF como, primeiramente, algo estratégico em uma instituição, posteriormente técnicas práticas de implantação destes conceitos além de técnicas para análise e apoio as melhorias. Dois grupos de estratégias são levantados para redução no tempo de troca de ferramentas:

- Estratégias envolvendo habilidades – onde as pessoas que detêm o conhecimento empírico no processo de preparação da máquina (operador ou preparador);
- Estratégias envolvendo tamanho do lote – devido aos tempos altos de setup, empresas preferem fazerem muitas peças em cada preparação (estoque). A TRF permite a redução dos custos de setups.
- Conforme Shingo (2000) o processo de melhoria de setup é dividido em quatro etapas:
 - Estágio Preliminar – é analisar e estudar toda a operação de setup atual nos mínimos detalhes com o auxílio dos operadores. Nesta tarefa, algumas maneiras para abordar esta questão podem ser a cronoanálise da operação, entrevistas ou até mesmo a filmagem da operação.

Estágio 1 - são divididas as operações de setup entre internos e externos, onde o autor menciona a possibilidade de, já neste estágio, o ganho de 30 a 50% de tempo na preparação;

Estágio 2 - são feitas análises para transformar setups internos em externos;

Estágio 3 - depois de feitas as divisões de setups externos e internos, são realizados estudos para aperfeiçoar estes tempo de preparação.

Estes estágios mostram que TRF são compostas por duas ações principais: análise e implantação. Para implantação destas melhorias são utilizadas oito técnicas:

- Separar operações externas e internas
- Transformar setup interno em externo;
- Padronizar as operações do setup;
- Utilizar fixadores funcionais ou não usar nenhum fixador;

- Utilizar dispositivos intermediários para eliminar ajustes;
- Utilizar operações paralelas;
- Otimizar operações;
- Mecanizar as operações

Shingo (2000) afirma que se o método just-in-time, ponto chave do sistema Toyota de produção, não teria sido desenvolvido se o TRF não existisse. Para o autor, o TRF começa primeiramente no ambiente estratégico, e somente depois entram em cena o desenvolvimento e aplicações dos conceitos com o intuito de implantar seus conceitos e técnicas. Resumidamente para Shingo as bases para a implantação do SMED são mostradas com detalhes na Figura 05:

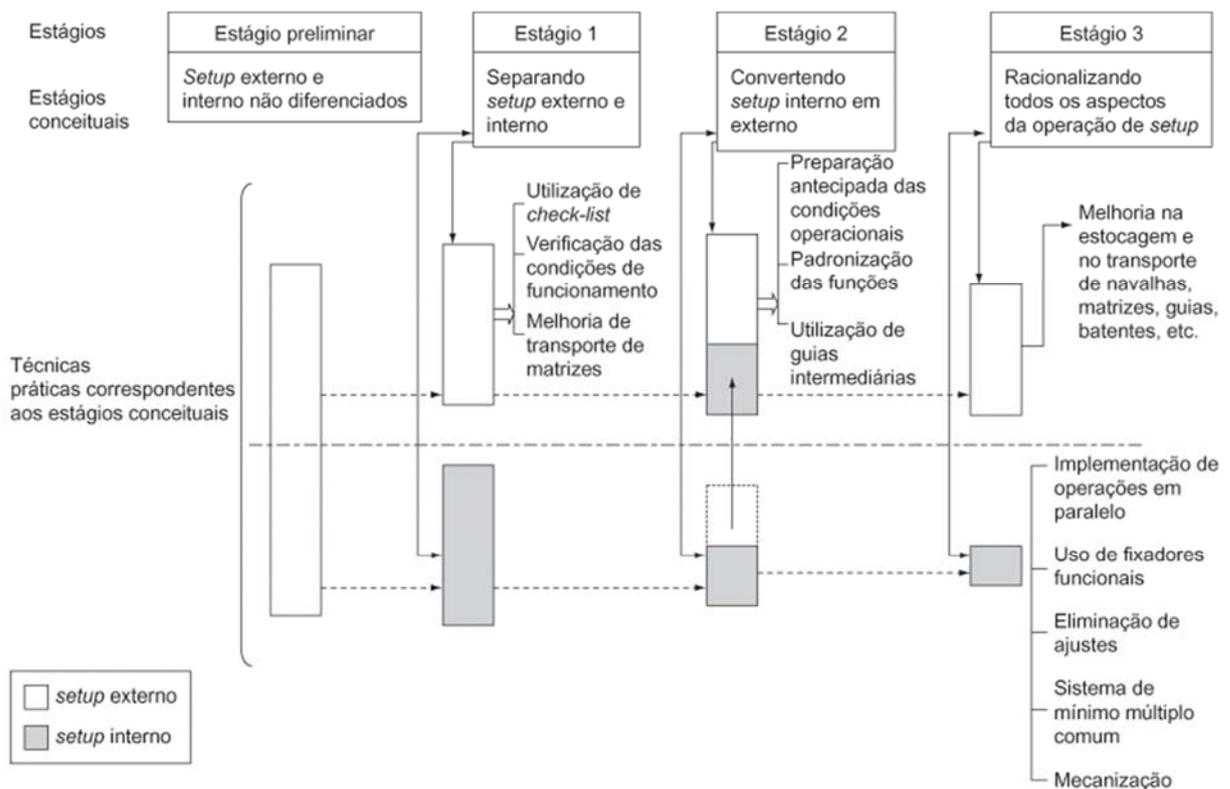


Figura 1. SMED (Fonte: SHINGO, 2000).

Figura 05 Bases para Implantação do SMED

Ainda Shingo (1996), comenta que o SMED se baseia no fato de que os setups internos e externos ainda não estejam implantados, e então a primeira etapa seria analisar o setup e todos os pontos de possíveis ganhos de tempo (esta operação é muito importante que seja realizada com os operadores e preparadores envolvidos com o equipamento).

Com este passo feito é separado todos os pontos que podem ser divididos em setup interno e externo. O próximo ponto é a transformação de todas as etapas possíveis em setups externos e também a eliminação do maior número possível de ajustes. Por fim cada operação definida como interna e externa é treinada para ser com mais facilidade executada.

Ao atingir tais objetivos, consegue-se minimizar o estoque e flexibilizar a produção a ponto de permitir ajustes de acordo com a modificação da demanda, fazendo com que seja possível à produção em pequenos lotes.

Na figura 06 Shingo (1996) mostra esquematicamente a sequência de um setup tanto na manufatura de produtos quanto na prestação de serviços.

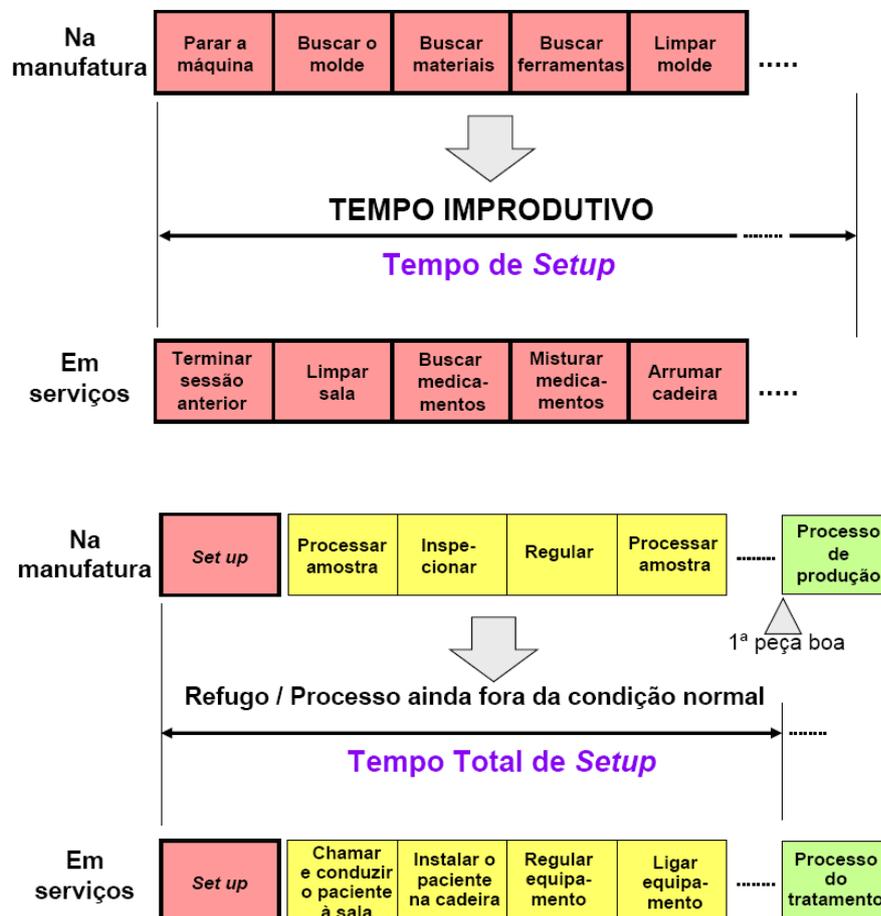


Figura 06 Sequência de um setup

2.5 Conclusão

Para atingir os objetivos pretendidos, o uso correto de uma metodologia clara e previamente definida, aliada ao conhecimento dos processos se torna imprescindível.

É essencial o levantamento de dados e estatísticas relacionados ao trabalho a ser realizado, muitas vezes conseguida com os próprios operadores das máquinas, ou sistemas específicos da empresa. Esses dados facilitam em muito a aplicação da metodologia e definição das estratégias a serem traçadas.

A metodologia do JIT e TRF (SMED) neste caso se mostrou essencial para ajudar a tornar o setup mais rápido, diminuindo custos e aumentando a produtividade.

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

3.1 Metodologia de Pesquisa

A metodologia da pesquisa que será utilizada neste trabalho é a pesquisa-ação, que se trata de uma pesquisa com base empírica e é realizada em estreita associação com uma ação ou até mesmo uma resolução de algum problema em comum, onde o pesquisador e os membros participantes da situação estão envolvidos de modo a cooperar ou participar das decisões tomadas. (THIOLLENT, 1997.)

Segundo Gil (2007) seu planejamento tem algumas diferenças básicas em relação às outras pesquisas existentes, não somente como sua flexibilidade, mas, sobretudo, porque além de todos os aspectos referentes à pesquisa, este modelo também envolve a ação do pesquisador e dos grupos interessados.

O pesquisador funcionário da empresa na qual foi realizado o trabalho, atua no setor de ferramentas e melhorias nos processos, desenvolvendo atividades no que se diz respeito a melhorias de processos produtivos em ferramentas de usinagem e também na implantação de novos processos produtivos de usinagem de ferro fundido. Durante toda a elaboração do trabalho o pesquisador trabalhou para a melhoria do tempo de *setup* em um torno automático CNC, Transfer GROB buscando pelas soluções mais viáveis a serem implantadas.

Na literatura não há um modelo rígido para os passos a serem seguidos em uma pesquisa-ação, porém Thiollent (1997) relata que existem pelo menos quatro grandes fases na pesquisa-ação, que podem ser observados e tidos como um método contínuo. São elas:

- Fase Exploratória – os participantes da pesquisa-ação começam a desvendar todos os problemas e determinar possíveis ações futuras;
- Fase de Pesquisa Aprofundada – no qual os problemas são estudados de uma forma mais intensa com o auxílio de coleta de dados, para a solução posterior dos mesmos;
- Fase de Ação – é a definição dos objetivos, através de ações práticas (concretas), aprovadas por todas as partes envolvidas no processo;
- Fase de Avaliação – na qual os principais objetivos são: redirecionar os passos e compilar todos os conhecimentos adquiridos durante todo o processo da pesquisa-ação. Gil (2007) considera nove as principais etapas de uma pesquisa ação:
 - Fase exploratória;
 - Formulação do problema;
 - Construção de hipóteses;
 - Realização do seminário;
 - Seleção da amostra;
 - Coleta de dados;
 - Análise e interpretação dos dados;
 - Elaboração do plano de ação;
 - Divulgação dos resultados.

O presente estudo contemplou os seguintes passos, seguindo a metodologia de Thiollent (1997):

Na primeira etapa foram identificadas as peças que mais influenciam no faturamento do setor, para saber quais as máquinas que poderiam ser utilizadas no trabalho. Também foram analisados o número de setups realizados em cada célula e foram estudados e levantados todos os passos para a realização de um setup na máquina escolhida, onde os membros da equipe já mencionam possíveis pontos para serem mais aprofundados no próximo passo (possíveis melhorias). Após estes levantamentos foram feitos estudos mais detalhados para a realização das melhorias nos pontos com possíveis potenciais de ganho.

- Definição das melhorias e priorização da implantação (Fase de pesquisa

aprofundada).

Após o levantamento dos possíveis pontos de melhorias estes foram listados e discutidos, sendo que estas melhorias deveriam ser sempre relacionadas, levantando-se a possibilidade de transformação do setup interno em um setup externo. Foram feitas as distinções de melhorias em imediatas e das que necessitam de algum tempo para a implantação. Também foram agrupados nas etapas que mais influenciam no tempo total de preparação da máquina, para que sejam focadas na melhoria do processo.

- Implantação das melhorias definidas (Fase de Ação):

As melhorias foram efetivamente colocadas em prática, mostrando todos os ganhos. Nesta fase também foram feitos todos os treinamentos necessários para que estas otimizações fossem implantadas com sucesso e utilizadas por todos os colaboradores envolvidos.

- Avaliação dos resultados (Fase de Avaliação):

Tem como objetivo quantificar e evidenciar os ganhos obtidos com todas as melhorias implantadas, sendo mostrado de várias formas a viabilidade das melhorias como: entrevista com os envolvidos, quantificação em tempo e dinheiro de quanto foi ganho com estas melhorias, isto tudo de forma bastante clara para que a direção da empresa possa ver um possível retorno destas melhorias.

3.2 Apresentação da empresa

A empresa foco da pesquisa-ação é uma indústria do setor de compressores herméticos, presente na cidade de Joinville há 45 anos.

A usinagem, processo de beneficiamento mecânico, é um setor da empresa em questão, que compreende, entre outros, operações de torneamento, fresamento, mandrilamento, furação, rosqueamento e brunimento.

A usinagem, da empresa, está preparada para produzir peças para a montagem do compressor, como bloco, eixo, placa e pistão, sendo assim fornecem produtos diretamente à linha de montagem. Para isso, dispõe de equipamentos modulares de controle numérico, que funcionam em conceito de células flexíveis e linhas de usinagem.

3.3 Fase de diagnóstico ou fase exploratória

O setor onde foi realizada a melhoria de redução do tempo de preparação de máquinas foi na unidade de usinagem de peças, local onde o pesquisador exerce uma função técnica e também por se tratar de um local da empresa (usinagem) onde existam preparações e setups constantes.

O setor estudado possui cerca de sessenta máquinas de usinagem onde são produzidos vários modelos diferentes de peças (conceitos de células flexíveis). Decidiu-se analisar a máquina GROB Transfer, denominada internamente GB 832 da célula de usinagem de eixos onde havia uma necessidade de aumento de produtividade e onde deveria se concentrar o esforço para a redução do tempo de setup (figura 07).



Figura 07 Máquina transfer GROB denominada GB 832

3.3.1 Estratificação de 1º nível

Primeiramente foi realizada uma estratificação do OEE (Overall Equipment Effectiveness), para levantar as perdas de eficiência da máquina. Para esta análise foram usadas as fichas de produção que continham as paradas já discriminadas. Após análise dos dados a estratificação mostrou que 14,52 % se deviam a disponibilidade do equipamento (figura 08).

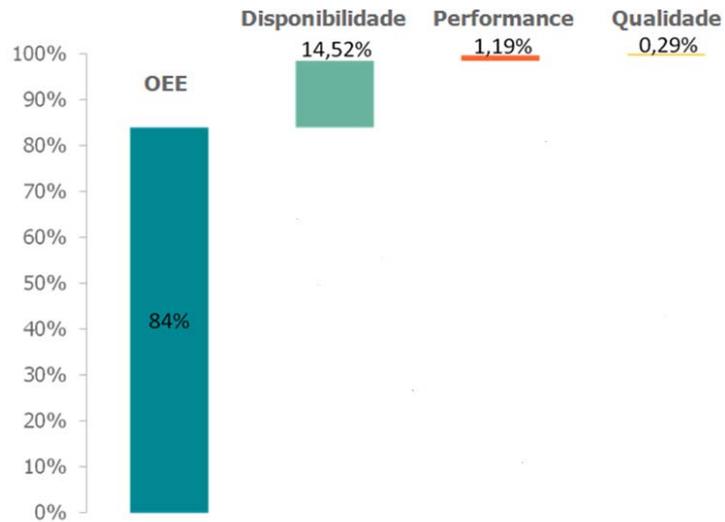


Figura 08 Estratificação de 1º nível

3.3.2 Estratificação de 2º nível

Na estratificação de segundo nível analisamos a perda por disponibilidade para entender onde se encontrava o problema. Nesta segunda estratificação mostrou que as maiores perdas se davam por trocas de ferramentas e setups&ajustes (figura 09).

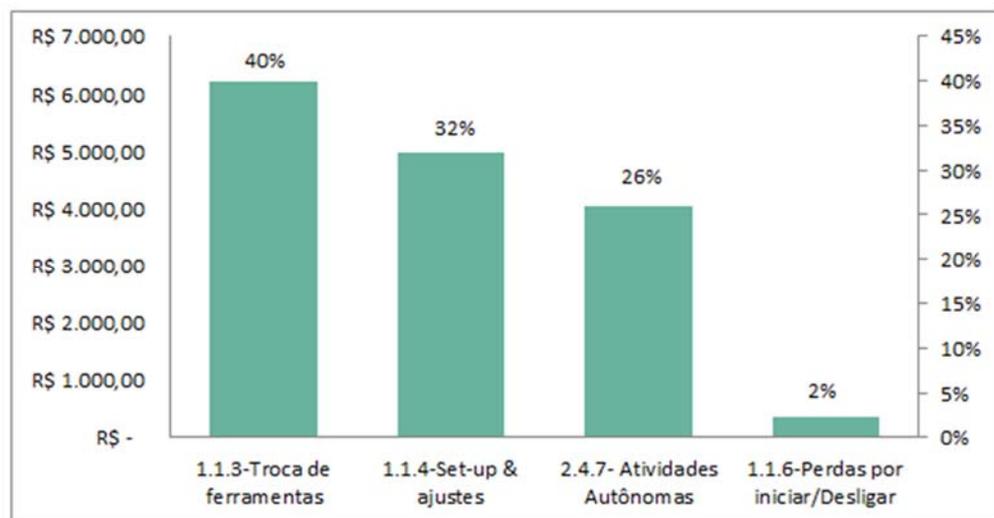


Figura 09 Estratificação de 2º nível

3.3.3 Estratificação de 3º nível

Estratificou-se aqui a troca de ferramentas para saber qual a unidade da máquina que trazia a maior perda no OEE e chegou-se à conclusão que a unidade 2/B seria o tema do referido trabalho, pois representava a maior perda econômica.

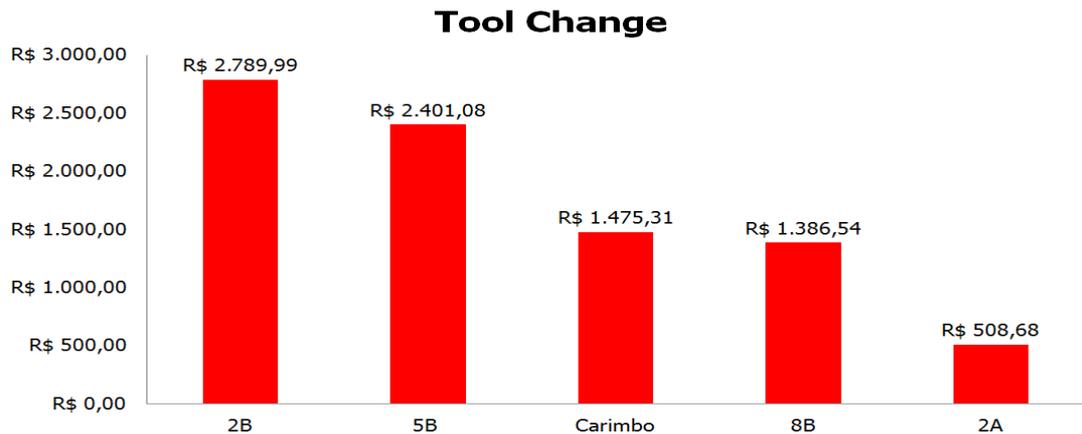


Figura 10 Estratificação de 3º nível

3.3.4 A Unidade 2/B

Esta máquina como anteriormente citado usina eixos para montagem em um compressor hermético e a unidade 2/B é a responsável pelo desgaste do excêntrico deste eixo, ou seja, recebe ele bruto de fundição e desbasta para posterior acabamento, (conforme figura 11 e 12). Esse eixo além de excêntrico também tem o formato de uma elipse o que torna o processo de desbaste muito severo para a ferramenta por ocasionar o corte interrompido.



Figura 11 Eixo bruto



Figura 12 Eixo desbastado

3.3.5 Identificar as atividades

Neste passo identificamos as atividades e cronometramos uma sequência de dez trocas de ferramentas desta unidade, conforme apresenta a figura 13.

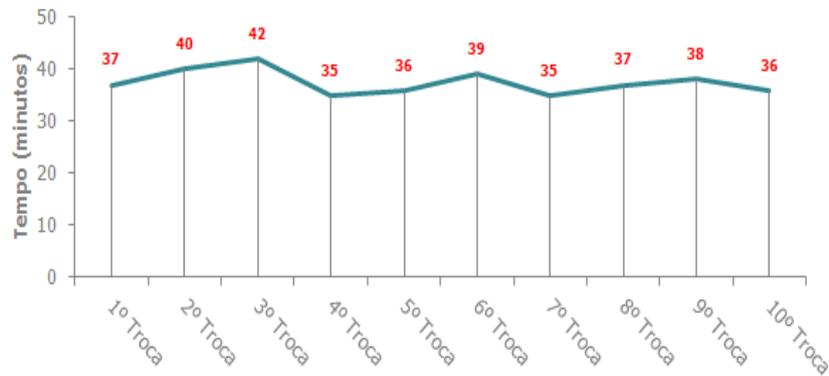


Figura 13 Troca de ferramentas

3.3.6 Classificação das atividades

Para ter uma visão completa das atividades do operador no momento do setup, listamos as atividades dos operadores para a realização do setup da ferramenta da unidade 2/B da máquina, conforme figura 14. Assim foi filmado todo o processo de setup do começo ao fim e posteriormente numerado, sequenciado com os devidos tempos para cada atividade.

Nº	Atividades	Tempo
1	Buscar ferramentas	00:01:30
2	Buscar carrinhos/estopas	00:01:30
3	Apertar parada de máquina após fim de ciclo	00:00:15
4	Colocar em semi-automático	00:00:15

5	Apertar botão para posição de troca de ferramenta	00:00:10
6	Abrir a porta	00:00:05
7	Levantar a proteção	00:00:05
8	Fazer limpeza inicial da barras com ar comprimido	00:00:05
9	Pegar chave allen 6 mm prolongada	00:00:05
10	Soltar o parafuso de fixação da barra do lado direito	00:00:25
11	Pegar estopa para retirada da barra lado direito	00:00:05
12	Após retirá-la posiciona-la em cima do carrinho	00:00:10
13	Pegar a chave torx	00:00:05
14	Retirar primeiro inserto com aresta usada	00:00:25
15	Colocar primeiro inserto com aresta nova	00:00:25
16	Retirar segundo inserto com aresta usada	00:00:25
17	Colocar segundo inserto com aresta nova	00:00:25
18	Retirar terceiro inserto com aresta usada	00:00:25
19	Colocar terceiro inserto com aresta nova	00:00:25
20	Retirar quarto inserto com aresta usada	00:00:25
21	Colocar quarto inserto com aresta nova	00:00:25
22	Retirar quinto inserto com aresta usada	00:00:25
23	Colocar quinto inserto com aresta nova	00:00:20
24	Retirar sexto inserto com aresta usada	00:00:25
25	Colocar sexto inserto com aresta nova	00:00:25
26	Pegar a barra lado direito e colocar na máquina	00:00:10
27	Fixar a barra na máquina	00:00:20
28	Pegar chave allen 6 mm prolongada	00:00:05
29	Soltar o parafuso de fixação da barra do lado esquerdo	00:00:10
30	Pegar estopa para retirada da barra lado esquerdo	00:00:05
31	Após retirá-la posiciona-la em cima do carrinho	00:00:10
32	Pegar a chave torx	00:00:05
33	Retirar primeiro inserto com aresta usada	00:00:25
34	Colocar primeiro inserto com aresta nova	00:00:25
35	Retirar segundo inserto com aresta usada	00:00:25
36	Colocar segundo inserto com aresta nova	00:00:25
37	Retirar terceiro inserto com aresta usada	00:00:25
38	Colocar terceiro inserto com aresta nova	00:00:25
39	Retirar quarto inserto com aresta usada	00:00:25
40	Colocar quarto inserto com aresta nova	00:00:25
41	Retirar quinto inserto com aresta usada	00:00:25
42	Colocar quinto inserto com aresta nova	00:00:25
43	Retirar sexto inserto com aresta usada	00:00:25
44	Colocar sexto inserto com aresta nova	00:00:25
45	Pegar a barra lado direito e colocar na máquina	00:00:15
46	Fixar a barra lado esquerdo na máquina	00:00:20
47	Abaixar a proteção	00:00:10
48	Fechar a porta da máquina	00:00:05
49	Deslocar-se até o painel de comando	00:00:15
50	Colocar em automático	00:00:25
51	Colocar em posição inicial	00:00:25
52	Iniciar o ciclo da máquina	00:00:10
53	Faz verificação de diâmetro das peças	00:00:30

54	Apertar parada de máquina após fim de ciclo	00:00:15
55	Colocar em semi-automático	00:00:15
56	Apertar botão para posição de troca de ferramenta	00:00:10
57	Abrir a porta	00:00:05
58	Levantar a proteção	00:00:05
59	Fazer limpeza inicial da barras com ar comprimido	00:00:05
60	Pegar chave allen 6 mm prolongada	00:00:05
61	Levar as barras até o preset	00:00:40
62	Soltar os parafusos das cápsulas (8 parafusos)	00:01:00
63	Soltar insertos (12)	00:00:40
64	Lavar a barra com fluido de limpeza	00:02:00
65	Secar a barra com ar comprimido	00:00:30
66	Montar as cápsulas na barra	00:01:30
67	Montar insertos novos nas cápsulas	00:02:00
68	Levar a barra para a maquina de preseting	00:00:20
69	Ajustar o programa para a barra	00:01:30
70	Pegar chave de ajuste da barra	00:00:20
71	Fixar insertos e ajustar preset 2/4 lado direito	00:02:00
72	Fixar insertos ajustar preset 2/4 lado esquerdo	00:02:00
73	Fixar e ajustar a cápsula número 1/3 lado direito	00:02:00
74	Fixar e ajustar a cápsula número 1/3 lado esquerdo	00:02:00
75	Fixar os insertos inferiores (4) lado direito/esquerdo	00:00:40
76	Liberar as barras	00:00:30
	Tempo Total	00:39:00

Figura 14 Atividades do setup

3.3.7 Classificação das atividades internas em externas

Aqui foram classificadas as atividades realizadas no setup em atividades internas, ou seja, que são realizadas com a máquina parada e atividades externas que são as atividades realizadas com a máquina funcionando normalmente. Neste caso foram classificadas duas atividades externas e setenta e quatro internas. (Figura 15). O gráfico da figura 16 mostra a evolução do setup em relação às atividades internas e externas.

Nº	Atividades	Tempo
1	Buscar ferramentas	00:01:30
2	Buscar carrinhos/estopas	00:01:30
3	Apertar parada de máquina após fim de ciclo	00:00:15
4	Colocar em semi-automático	00:00:15
5	Apertar botão para posição de troca de ferramenta	00:00:10
6	Abrir a porta	00:00:05
7	Levantar a proteção	00:00:05
8	Fazer limpeza inicial da barras com ar comprimido	00:00:05
9	Pegar chave allen 6 mm prolongada	00:00:05
10	Soltar o parafuso de fixação da barra do lado direito	00:00:25

11	Pegar estopa para retirada da barra lado direito	00:00:05
12	Após retirá-la posiciona-la em cima do carrinho	00:00:10
13	Pegar a chave torx	00:00:05
14	Retirar primeiro inserto com aresta usada	00:00:25
15	Colocar primeiro inserto com aresta nova	00:00:25
16	Retirar segundo inserto com aresta usada	00:00:25
17	Colocar segundo inserto com aresta nova	00:00:25
18	Retirar terceiro inserto com aresta usada	00:00:25
19	Colocar terceiro inserto com aresta nova	00:00:25
20	Retirar quarto inserto com aresta usada	00:00:25
21	Colocar quarto inserto com aresta nova	00:00:25
22	Retirar quinto inserto com aresta usada	00:00:25
23	Colocar quinto inserto com aresta nova	00:00:20
24	Retirar sexto inserto com aresta usada	00:00:25
25	Colocar sexto inserto com aresta nova	00:00:25
26	Pegar a barra lado direito e colocar na máquina	00:00:10
27	Fixar a barra na máquina	00:00:20
28	Pegar chave allen 6 mm prolongada	00:00:05
	Soltar o parafuso de fixação da barra do lado	
29	esquerdo	00:00:10
30	Pegar estopa para retirada da barra lado esquerdo	00:00:05
31	Após retirá-la posiciona-la em cima do carrinho	00:00:10
32	Pegar a chave torx	00:00:05
33	Retirar primeiro inserto com aresta usada	00:00:25
34	Colocar primeiro inserto com aresta nova	00:00:25
35	Retirar segundo inserto com aresta usada	00:00:25
36	Colocar segundo inserto com aresta nova	00:00:25
37	Retirar terceiro inserto com aresta usada	00:00:25
38	Colocar terceiro inserto com aresta nova	00:00:25
39	Retirar quarto inserto com aresta usada	00:00:25
40	Colocar quarto inserto com aresta nova	00:00:25
41	Retirar quinto inserto com aresta usada	00:00:25
42	Colocar quinto inserto com aresta nova	00:00:25
43	Retirar sexto inserto com aresta usada	00:00:25
44	Colocar sexto inserto com aresta nova	00:00:25
45	Pegar a barra lado direito e colocar na máquina	00:00:15
46	Fixar a barra lado esquerdo na máquina	00:00:20
47	Abaixar a proteção	00:00:10
48	Fechar a porta da máquina	00:00:05
49	Deslocar-se até o painel de comando	00:00:15
50	Colocar em automático	00:00:25
51	Colocar em posição inicial	00:00:25
52	Iniciar o ciclo da máquina	00:00:10
53	Faz verificação de diâmetro das peças	00:00:30
54	Apertar parada de máquina após fim de ciclo	00:00:15
55	Colocar em semi-automático	00:00:15
56	Apertar botão para posição de troca de ferramenta	00:00:10
57	Abrir a porta	00:00:05
58	Levantar a proteção	00:00:05
59	Fazer limpeza inicial da barras com ar comprimido	00:00:05

60	Pegar chave allen 6 mm prolongada	00:00:05
61	Levar as barras até o preset	00:00:40
62	Soltar os parafusos das cápsulas (8 parafusos)	00:01:00
63	Soltar insertos (12)	00:00:40
64	Lavar a barra com fluido de limpeza	00:02:00
65	Secar a barra com ar comprimido	00:00:30
66	Montar as cápsulas na barra	00:01:30
67	Montar insertos novos nas cápsulas	00:02:00
68	Levar a barra para a maquina de presetting	00:00:20
69	Ajustar o programa para a barra	00:01:30
70	Pegar chave de ajuste da barra	00:00:20
71	Fixar insertos e ajustar preset 2/4 lado direito	00:02:00
72	Fixar insertos ajustar preset 2/4 lado esquerdo	00:02:00
73	Fixar e ajustar a cápsula número 1/3 lado direito	00:02:00
74	Fixar e ajustar a cápsula número 1/3 lado esquerdo	00:02:00
75	Fixar os insertos inferiores (4) lado direito/esquerdo	00:00:40
76	Liberar as barras	00:00:30
	Tempo Total	00:39:00

Figura 15 Classificação das atividades do setup

3.3.8 Situação atual do setup

O setup da barra da unidade 2/B (figura 17) consiste que a cada dois mil ciclos da ferramenta são necessários retirar as duas barras de usinagem que contem cada uma quatro cápsulas, sendo duas com dois insertos (figura 18) e duas com somente um inserto (figura 19). Isto requer soltar uma dúzia de parafusos e insertos para somente trocar as arestas dos insertos. Isto por si só já acarreta uma perda enorme de tempo e se houver necessidade de realizar um preset da ferramenta (regulagem da barra para que obtenha a dimensão necessária ao produto) serão necessários trinta e seis parafusos para esse preset e mais vinte minutos por barra.

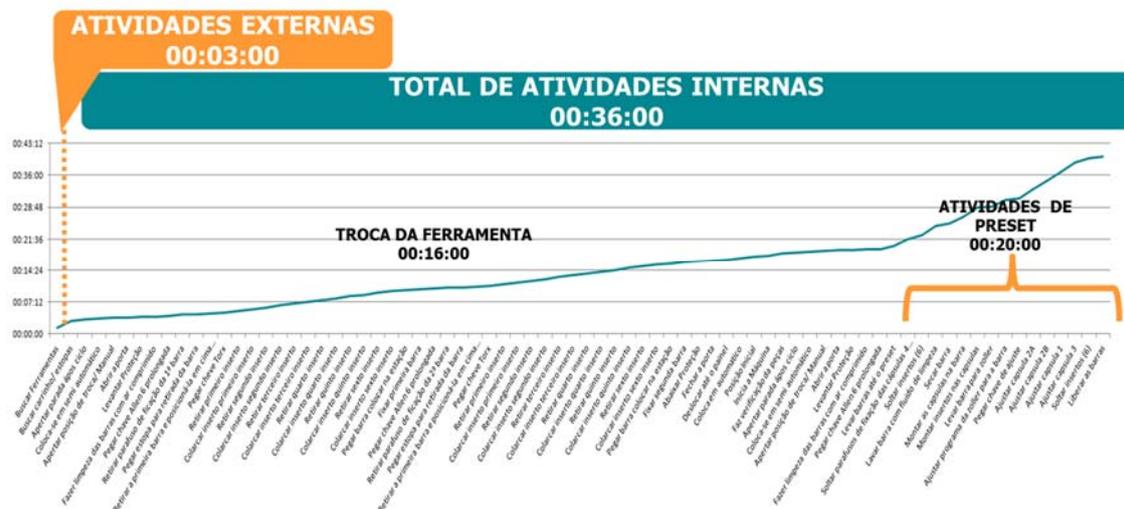


Figura 16 Gráfico da classificação das atividades do setup



Figura 17 Barra de usinagem

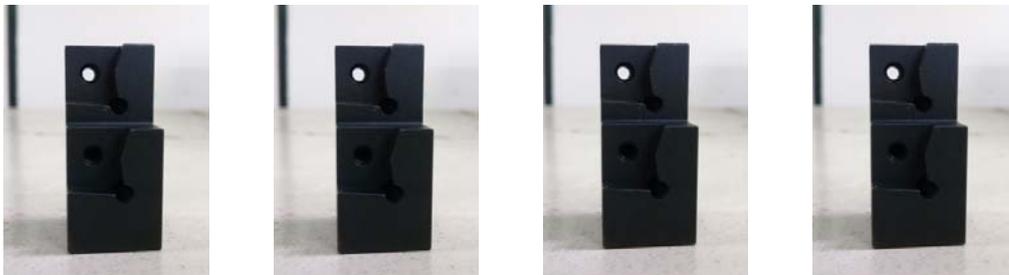


Figura 18 Cápsulas de dois insertos



Figura 19 Cápsulas de um inserto

3.4 Definição das melhorias e priorização da implantação.

Neste ponto evidenciou-se que a barra de usinagem da unidade 2/B necessitava de melhorias para dar mais rapidez ao setup. A máquina contava com quatro barras, sendo duas para utilização na máquina e outras duas reservas justamente para dar rapidez ao setup. Ocorre que seu preset (ajuste) era muito difícil e havia problemas com dimensionais dela, assim a barra não conseguia a repetitividade das cotas necessárias do produto. O que acarretava de os operadores da máquina escolherem usar somente um par de barras para o uso e trocar os insertos desta barra ao invés de trocar as barras. Assim ficou decidido que seria

melhor a projetar uma nova barra de usinagem que facilitasse o setup, e se possível usasse um número menor de insertos para baratear a operação. Nessa etapa foram contatados os parceiros e fornecedores de ferramentas para que apresentassem opções que atendessem aos requisitos do projeto, agilidade no setup e redução de insertos em uso.

3.4.1 Escolha do projeto

Dentre as alternativas encontradas algumas não preenchiam os requisitos por completo, sendo que hora o projeto não diminuía o setup ou não reduzia o custo da operação. Mas uma alternativa se mostrou a mais adequada e foi escolhida para se iniciar os testes (figura 20). Ela utilizaria quatro insertos superiores e dois inferiores com um custo por inserto cerca de 30% inferior. A grande diferença nesta barra é que não há a necessidade de preset, pois os insertos são fixos, garantindo o diâmetro necessário ao produto sem precisar de regulagens, o que traz mais velocidade para o setup, razão do projeto. O prazo para formalização e fabricação mais entrega foi de três meses.

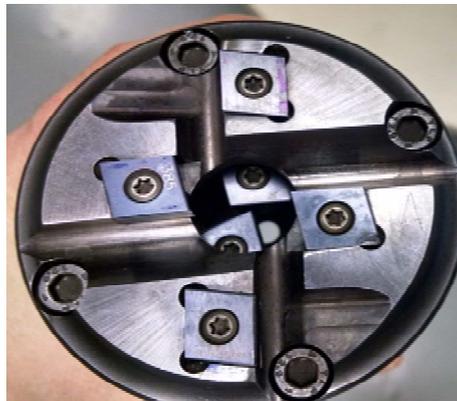


Figura 20 1º Protótipo da barra

3.4.2 Implantação das melhorias definidas (fase de ação)

Nesta etapa foram iniciados os primeiros testes da nova barra para avaliar a sua eficácia.

3.4.3 Primeiro teste do protótipo

Ao iniciar o primeiro teste a máquina acusou perda de pressão de fluido de refrigeração e parou (figura 21). Após uma rápida averiguação foi constatado que a barra tinha um furo para passagem de refrigeração de oito milímetros quando o usado na máquina era de três. Esta diferença ocasionava a perda de pressão no fluxostato e parava a máquina. Para prosseguimento do teste foi confeccionado uma bucha de nylon com furo de três milímetros (figura 22).



Figura 21 Barra com furo de oito milímetros



Figura 22 Barra com furo de três milímetros

3.4.4 Segundo teste do protótipo

Sanado o problema do alarme de refrigeração foi iniciado o segundo teste na máquina. Logo que foi instalada na máquina iniciou-se o teste e já na primeira peça houve um barulho anormal e parou-se a máquina para inspeção. Havia colidido a barra no grampo de fixação da peça na máquina. (figuras 23/24/25).

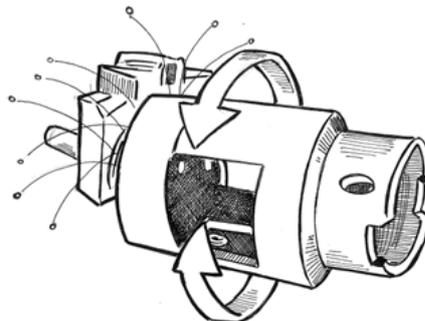


Figura 23 Barra colidindo com dispositivo de fixação

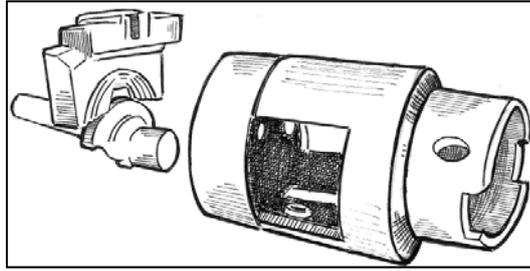


Figura 24 Eixo no dispositivo de fixação



Figura 25 Dispositivo de fixação

3.4.5 Análise da colisão

Foi iniciado um estudo para esclarecer porque a barra colidiu com a fixação da máquina. Para a análise foi utilizado um programa de Cad (figura 26) , onde mostrou que a nova barra compreendia um diâmetro maior que a barra antiga (diâmetro de 61) e que não seria necessário a utilização dos insertos externos nº 1 e nº 3 (Figura 27), pois com os dois insertos nº2 e nº4 já atenderiam a usinagem do eixo ,evitando a colisão com a fixação.



Figura 26 Simulação no Cad

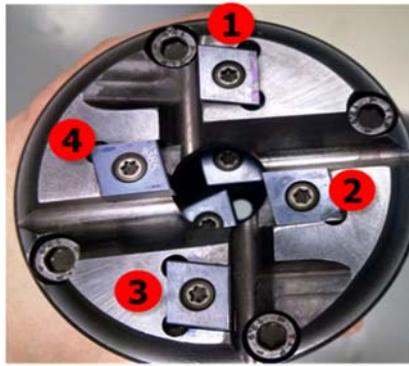


Figura 27 Insertos externos

3.4.6 Melhorias para o terceiro teste

Durante o processo de análise da colisão encontramos algumas soluções para tornar o processo de preset da barra mais rápido, que neste ponto já tinha passado de interno para externo.

O furo central da barra tinha o diâmetro da usinagem e não permitia a retirada dos insertos inferiores sem a retirada do flange superior (tampa), assim foi alterado esse furo fazendo um oblongo para evitar a retirada de quatro parafusos e o flange tornando mais rápido o preset externo, (figura 28). A barra foi levada para o fornecedor para a retirada dos alojamentos dos insertos externos, a alteração do furo de refrigeração para três milímetros e a alteração do furo para oblongo.

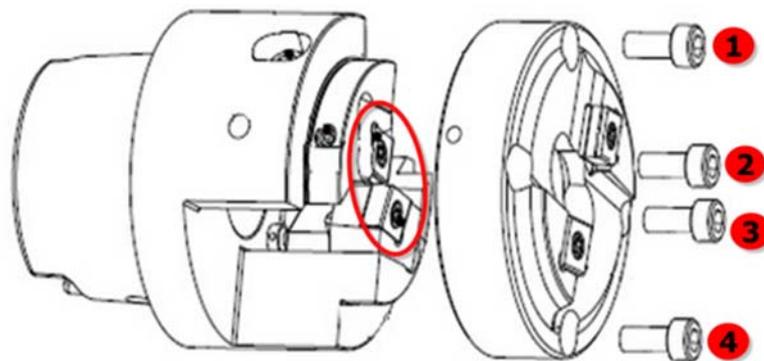


Figura 28 Insertos inferiores e parafusos do flange

3.4.7 Teste final

Depois que o fornecedor efetuou as melhorias (figura 29), iniciou-se o terceiro teste na máquina. O teste de usinagem se mostrou eficiente sem as paradas relativas ao furo de refrigeração e após a retirada dos dois insertos externos não houve mais a colisão com o grampo de fixação do eixo. A retirada dos insertos

inferiores ficou muito mais rápida após a implantação do oblongo no flange.



Figura 29 Desenvolvimento e solução final

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Diagrama SPAGHETTI

Como a nova barra alcançou a repetitividade pretendida das cotas de qualidade, foi possível disponibilizar duas barras reservas ao lado da unidade 2/B para deixar o setup ainda mais rápido, (figura 30), o que também permitiu uma redução de 85% no deslocamento do operador em relação ao procedimento antigo de setup. (figura 31 e 32).



Figura 30 Barras reservas



Figura 31 Deslocamento anterior



Figura 32 Deslocamento atual

4.2 Redução do tempo total de setup

Com todas as melhorias conseguidas na nova barra, como a adoção de barras reservas para facilitar e dar rapidez ao setup, retirada dos insertos inferiores através do oblongo e preset da barra com os insertos fixos, foi possível reduzir o tempo total de setup de trinta e nove minutos para doze minutos e vinte e cinco segundos, uma redução de 70%. (Figura 33).

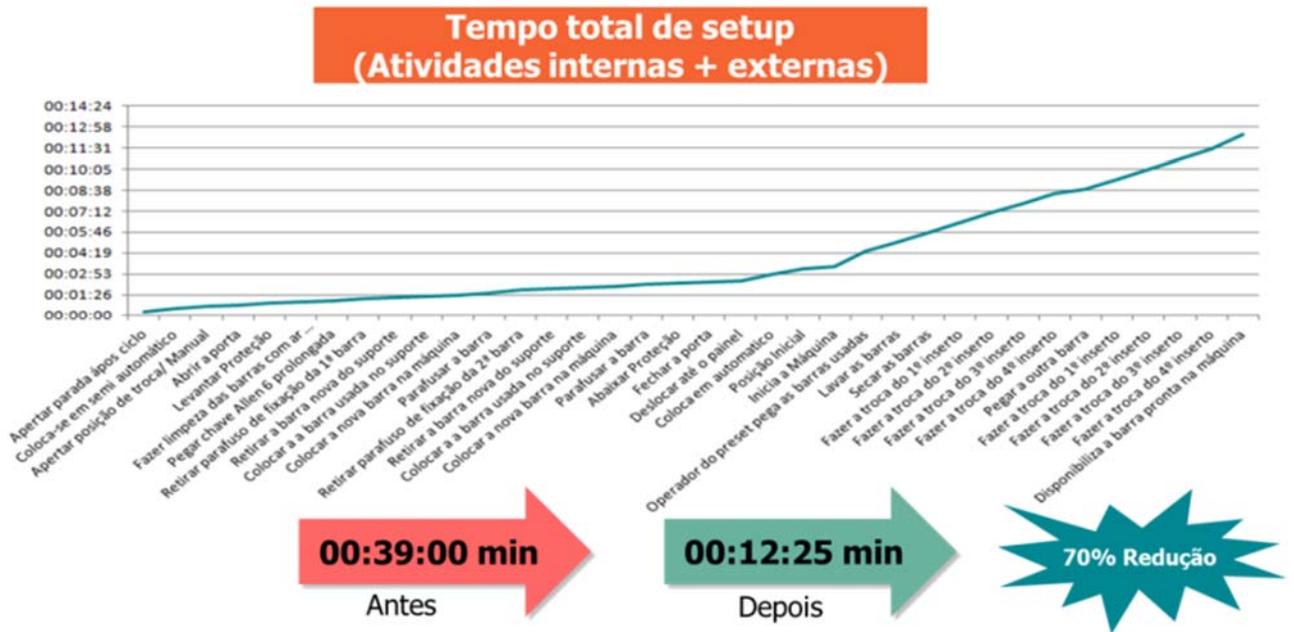


Figura 33 Gráfico da redução total do setup

4.3 Conversão de atividades internas em externas

As atividades internas de preset da barra que necessitavam da máquina parada foram convertidas em atividades externas realizadas na sala de preset (local onde são realizados os preset de ferramentas). Essas atividades necessitavam de vinte minutos por barra (são duas) para a sua realização. Era preciso retirar vários componentes mais o preset (regulagem do diâmetro). Com as melhorias alcançadas esse tempo baixou para nove minutos, ou seja, uma redução de 55 %. (Figura 34).

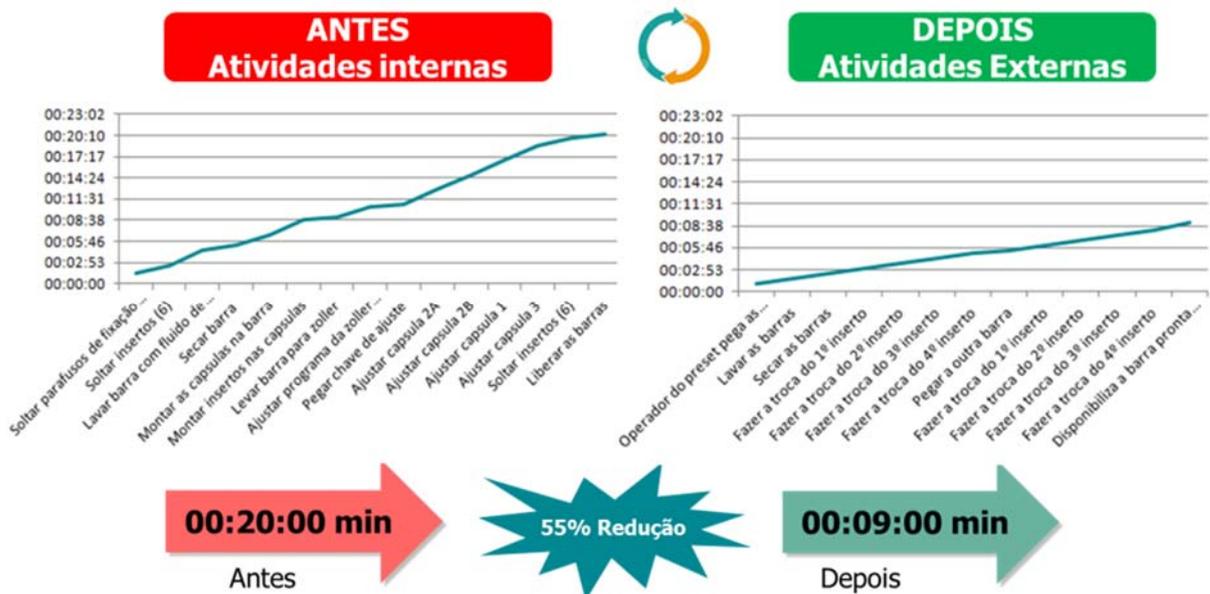


Figura 34 Gráfico da conversão de atividades internas em externas

4.4 Redução das atividades internas

Com a adoção de barras reservas conseguida através da repetitividade dos resultados esperados da nova barra, onde o operador precisa somente trocar uma barra usada pela barra reserva, o setup interno foi reduzido consideravelmente. Este valor chegou a uma redução de 90% em relação ao antigo procedimento de setup. (Figura 35). A grande diferença em relação à barra anterior é que esta os insertos são fixos no flange e não alteram o diâmetro preestabelecido. Esta questão trouxe muita confiança no setup desta ferramenta que na versão antiga necessitava de paradas extras da máquina para inspeção e ajustes.

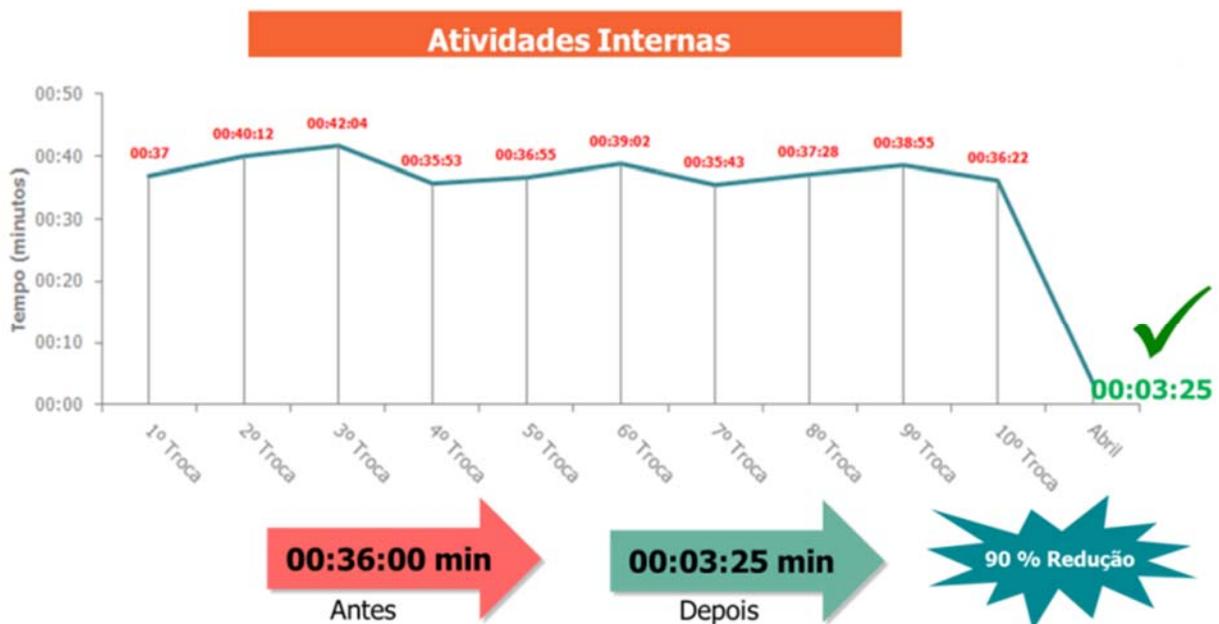


Figura 35 Gráfico da redução das atividades internas

4.5 Resultado final

4.5.1 Aumento do OEE da máquina

Como consequência das melhorias implantadas no processo de setup e consecutiva ganhos de eficiência e rapidez na troca da ferramenta da unidade 2/B B, conseguimos um aumento no OEE da ordem de 1%. Este aumento no OEE significa aproximadamente trinta mil peças produzidas a mais por ano ou três dias de trabalho em três turnos de produção da referida máquina. (Figura 36).

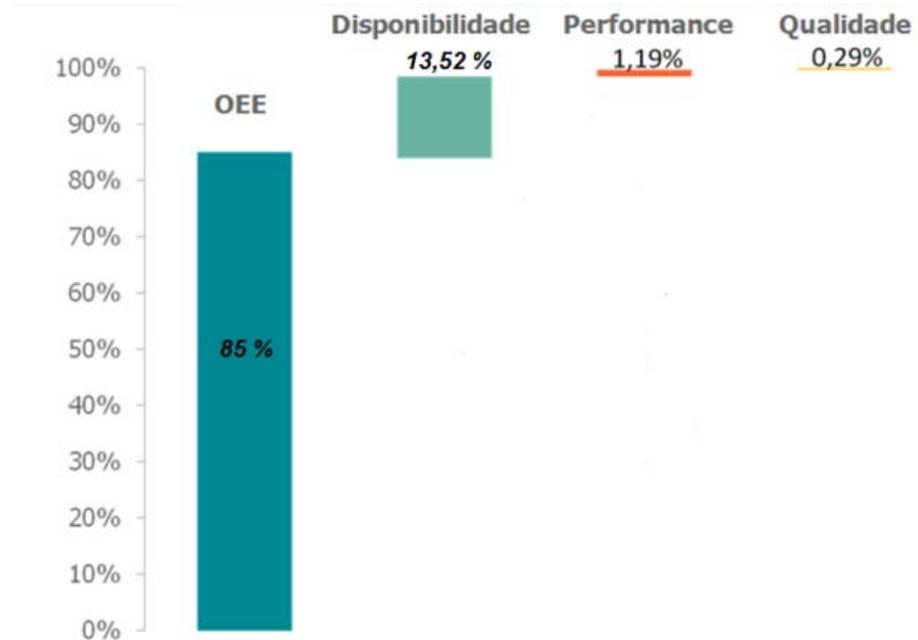


Figura 36 Gráfico do ganho do OEE

4.5.2 Resultados financeiros

Como descrito anteriormente, as empresas buscam cada vez mais melhorar seus processos em busca de maior produtividade com o mesmo recurso ou até com um recurso menor, buscando uma competitividade dentro do ramo em que atua que é essencial para sua sobrevivência. Conforme o capítulo dois, foi seguida a metodologia da TRF (SMED) para redução do setup analisando os métodos de trabalho para o desenvolvimento de melhorias aqui apresentadas. O trabalho trouxe resultados financeiros satisfatórios, melhorou o processo, reduzindo o setup, aumentando a produção através de um OEE maior e também reduzindo o custo da operação utilizando dois insertos a menos por barra, que mantiveram a vida útil dos insertos antigos e ainda assim 30% mais econômicos em relação aos usados anteriormente. (Figura 37).

Descrição	Antes	Depois
Frequencia de Troca	3	3
Tempo de Troca (min)	36	3
Tempo total (hrs/ano)	225	46
Gastos com Insertos (R\$)	42504	23184
Benefício	R\$ 39.948,00	
Custo	R\$ 6.161,00	

Figura 37 Gráfico dos ganhos financeiro

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final deste trabalho de conclusão de curso considera-se que os objetivos foram alcançados, tanto a implementação da barra de mandrilar dotada de dois insertos a menos e ainda assim mais econômicos como os testes práticos de usinagem foram realizados com sucesso.

A aplicação da nova barra de mandrilar para obter a redução do tempo de setup foi muito importante para o desenvolvimento do trabalho. Com a utilização da nova barra foi possível simplificar a operação de preset, eliminar a necessidade de parada de máquina para preset interno e a redução de peças (cápsulas e parafusos) reduzindo assim consideravelmente o tempo de setup externo da barra de mandrilar.

A partir dos testes práticos, foi observada que esta nova ferramenta reduziu muito a vibração da máquina no momento da usinagem e manteve a vida útil anterior mesmo utilizando 33% de insertos a menos que a barra anterior. Também houve ganho no OEE da máquina que melhorou o ritmo de produção com um número bem menor de paradas para ajustes de diâmetro do eixo e alguns problemas ocasionados pelo diâmetro maior do mesmo.

5.1 Oportunidades de melhoria

Já nos testes iniciais constatou-se uma usinagem mais eficiente e com menos vibrações, mas também houve um ganho na qualidade do acabamento da face axial do eixo que na condição anterior era finalizada em outra unidade que terminava a operação realizando o acabamento desta face.

Pode-se claramente evidenciar que essa usinagem realizada pela nova barra de mandrilar poderá (através de alguns testes adicionais) ficar pronta já na unidade 2/B, eliminando a usinagem da unidade 8/B e diminuindo o tempo de ciclo da unidade que passou a ser gargalo da máquina após este trabalho. Assim teremos mais um ganho de produtividade advindo deste trabalho.

Também poderão ser realizados testes futuros com a utilização das arestas não utilizadas em virtude do posicionamento dos alojamentos do flange da nova barra que também poderá trazer resultados econômicos muito substanciais, pois o potencial do inserto utilizado é muito grande, permitindo usos destas arestas em outras máquinas ou operações e também poderá ser testado a reafiação deste inserto reduzindo ainda mais o custo da operação e trazendo mais ganhos

financeiros para a empresa.

Como nesta operação há dois tipos de componentes fundidos (um tem mais sobremetal), futuramente poderá ser usado um sistema de análise por vibração/esforço para um melhor aproveitamento dos insertos, pois sua vida útil é pré-determinada pelo componente com maior sobremetal o que em alguns casos acaba subutilizando o inserto.

REFERÊNCIAS

- BALL, Peter. **Low energy production impact on Lean. Journal of de Manufacturing Technology Management**, Vol.26 N° 3 pg.412-428, 2015.
- DAVIS, M.M. et.al. **Fundamentos da administração da produção**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.
- GIL, A .C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: Atlas, 2007
- JUNIOR, J. A. V. **A teoria das restrições como balizadoras das ações visando a troca rápida de ferramentas**. Revisão Produção vol.03, nº02, pg 73-85, nov/1993
- McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R.; OWEN, G. W. **Improving Changeover Performance**. Butterworth Heinemann: Oxford, 2001.
- MIYAKE, D.I. **The JIT, TQC and TPM paradigms: contributions for planning integrated applications in manufacturing firms**. Departament of Industrial Engineering and Manegement Tokyo Institute Technology, Tokyo, Japan, March 26, 1998.
- PEINADO, J. **O papel do sistema de abastecimento Kanban na redução dos inventários**. Rev. FAE, Curitiba, vol.02, nº02, mai/ago, pg.27-32, 1999.
- RODRIGUEZ, R. et al. **A case study: SMED & JIT methodologies to develop continuous flow of stamped parts in to AC disconnected assembly line in Schneider Eletric Tlaxcala Plant**, 2015.
- RYMASZEWSKA Anna Dorota, **The challenges of lean implementattion in SMEs benchmarking**: An International Journal, Vol. 21 Nª6 pg. 987-1002. (2014)
- SHINGO, S. **Sistemas de produção com estoque zero**. Porto Alegre: Bookman 1996.
- SHINGO, S. **Sistema de troca rápida de ferramentas**. Porto Alegre: Bookman, 2000.
- SLACK, N. et al. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 1999.
- THIOLLENT, M. **Pesquisa-ação nas organizações**. São Paulo: Atlas, 1997.
- TUBINO, D.F., **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 2000.
- VOKURKA, J.R.; RHONDA, R.L. **The role of Just-in-Time in supply chain management**. The international journal of logistics management. V.11, n.1, p.91, 2000.
- WOMACK, J.P., JONES D.T., ROOS D. **A máquina que mudou o mundo**. Petrópolis, Editora Vozes Ltda., 6ª ed., 1996.