

Selma Cristina Corrêa Rese

**MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE
FERRAMENTAS EM TORNOS CNC APLICADO EM UMA
EMPRESA FABRICANTE AUTOPEÇAS**

Dissertação submetida ao
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica da
Universidade Federal de Santa
Catarina para a obtenção do Grau
de Mestre em Engenharia
Mecânica.

Orientador: Abelardo Alves de
Queiroz, PhD.

Florianópolis
Dezembro 2012

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Rese, Selma Cristina Corrêa
MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS EM
TORNOS CNC APLICADO EM UMA EMPRESA FABRICANTE AUTOPEÇAS
[dissertação] / Selma Cristina Corrêa Rese ; orientador,
Abelardo Alves de Queiroz - Florianópolis, SC, 2012.
92 p. ; 21cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica.

Inclui referências

1. Engenharia Mecânica. 2. Troca Rápida de Ferramenta.
3. Torno Vertical CNC. I. Queiroz, Abelardo Alves de. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-
Graduação em Engenharia Mecânica. III. Título.

Selma Cristina Corrêa Rese

**MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DA TROCA RÁPIDA DE
FERRAMENTAS EM TORNOS CNC APLICADO EM UMA
EMPRESA FABRICANTE AUTOPEÇAS**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre” e aprovada em sua forma final pelo Programa Pós-Graduação em Engenharia Mecânica.

Florianópolis, 14 de Dezembro de 2012.

Prof. Júlio César Passos, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Abelardo Alves de Queiroz, Ph.D.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. João Carlos E. Ferreira, Ph.D.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Lourival Boehs Dr.Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Carlos Fernando Martins Dr.Eng.
Senai Florianópolis

Este trabalho é dedicado à minha família, principalmente ao meu esposo Rafael, que sempre esteve ao meu lado, não me deixando desanimar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus primeiramente, por fazer-me lembrar das dificuldades de fazer este Mestrado, não me deixando desistir em nenhum momento.

Agradeço em especial a toda equipe TRF, que me forneceu suporte e tanto me ajudou na execução deste trabalho, com seus conhecimentos e experiências.

Agradeço a todos os colegas de trabalho que direta ou indiretamente ajudaram nesta etapa de minha vida e, em especial ao Edmilson, que tanto contribuiu para a realização deste sonho.

Agradeço também ao Professor Abelardo, pela ajuda e apoio nesta dissertação.

Agradeço a todos que fizeram este sonho se tornar realidade.

“Se quiser realmente entender os problemas a serem superados, tente fazer você mesmo.”
(James P. Womack e Daniel T. Jones, 2004).

RESUMO

Esta dissertação aborda o desenvolvimento e aplicação de um método de implantação de Troca Rápida de Ferramentas (TRF) em tornos verticais Controle Numérico Computadorizado (CNC), método este baseado em diversas contribuições da literatura, a partir da ferramenta *Single Minute Exchange of Dies* (SMED) criada por Shigeo Shingo, em 1950. O presente estudo é complementado com a descrição de um caso de aplicação do método em uma empresa do ramo automotivo pesado. A aplicação da metodologia TRF, dentre outros benefícios, permite flexibilizar a produção de itens, reduzir os lotes de peças e conseqüentemente a quantidade de peças em estoque, aumentando assim a utilização das máquinas, bem como a capacidade produtiva da empresa. O método é uma sequência de procedimentos técnicos e gerenciais que, pela padronização das ações, visa a reduzir os desperdícios operacionais e a busca de métodos e dispositivos para transformar grande parte do setup interno em setup externo, além de reduzir o tempo com o setup interno remanescente. A apresentação do estudo de caso mostra detalhadamente todos os passos tomados pela equipe, enfatizando as principais ações específicas de tornos verticais CNC, trazendo ao final da aplicação da metodologia as melhorias na ordem de 72% de redução no tempo de *setup* e, conseqüentemente, o aumento da flexibilidade da empresa.

Palavras-chave: Troca rápida de ferramenta. *Setup* de tornos CNC. Suporte de fixação rápido de ferramenta.

ABSTRACT

This thesis approaches the development and application of a method of Single Minute Exchange of dies implementation in CNC vertical lathe, which was based on several contributions of literature, regarding the tool created by Shigeo Shingo, in the 50's. The actual study is complemented with the description of a case study of application of the method in an enterprise heavy automotive. The application of the Single Minute Exchange of Dies (SMED) methodology, among other benefits, allows production flexibility of the items, reducing the lots of parts and consequently the quantity of the parts in stock, increasing the using of the machines, as well as the productive capacity of the enterprise. The model is a sequence of technical and management procedures that by the standardization of the action aims at reducing the operational wastes and the seeking of the methods and devices in order to change the great part of the internal setup in external setup, yonder to reduce the time regarding the remaining internal setup. The presentation of the case study shows in detail all the steps taken by the team, emphasizing the specifics main actions of the CNC vertical lathe, showing at the final of the methodology application the improvements regarding to 72% of setup time reduction and consequently increasing of the enterprise flexibility.

Keywords: SMED. CNC vertical lathe setup. Tool quick fixture support.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Senso de utilização: etapa inicial	30
Figura 02 – Etapas conceituais e técnicas para a TRF	34
Figura 03 – Composição dos elementos de <i>setup</i>	37
Figura 04 – Gráfico do lote econômico	41
Figura 05 – Exemplos de algumas peças produzidas pela empresa	54
Figura 06 – Sistema de fixação de peças no torno e exemplo de duas ferramentas utilizadas	56
Figura 07 – Carcaças: 27.10, 27.11 e Polias: 311.51/57	61
Figura 08 – Situação Antes - Ferramentas de <i>setup</i> e falta de informações no quadro gestão à vista	66
Figura 09 – Situação Depois - Quadro sombra e quadro de gestão visual	66
Figura 10 – Porta-pallet, caixa para armazenamento das castanhas e carrinho da rota para transporte das ferramentas.	67
Figura 11 – Ferramenta anterior	68
Figura 12 – Ferramenta de engate rápido (situação atual)	68
Figura 13 – Identificação das castanhas de acordo com a peça e de acordo com a posição na placa.	70
Figura 14 – Pontos de funcionamento da solicitação eletrônica de TRF	73
Figura 15 – Tela para solicitação de TRF	74
Figura 16 – Terminal para gerenciamento das peças de <i>setup</i>	75
Figura 17 – Roteiro de <i>setup</i>	76

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Máquinas com maior tempo de parada.

59

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Visão geral dos 5S's	31
Tabela 02 – Método proposto.	51
Tabela 03 – Características básicas de máquinas-ferramentas para torneamento	55
Tabela 04 – Equipe do projeto	57
Tabela 05 – Tempos de medição no controle dimensional	63
Tabela 06 – Tempos de usinagem das peças, por máquina.	64
Tabela 07 – Tempo totais de <i>setup</i> divididos por categorias.	64
Tabela 08 – Plano de ação considerando os tempos das atividades externas	65
Tabela 09 – Plano de ação considerando os tempos de preparação	69
Tabela 10 – Plano de ação considerando tempos de ajuste	71
Tabela 11 – Plano de ação considerando tempo dimensional	72
Tabela 12 – Novo percentual dos tempos	77
Tabela 13 – Comparação dos ganhos de tempo	77

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
1.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	23
1.2. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	24
1.3. OBJETIVO GERAL	24
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	27
2.1. PENSAMENTO ENXUTO NAS EMPRESAS – BREVE HISTÓRIA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	27
2.1.1. Estrutura do STP	28
2.1.2. Ferramentas para Aplicação da Filosofia Lean	28
2.1.2.1. Trabalho Padronizado	28
2.1.2.2. Nivelamento	28
2.1.2.3. Mapa do fluxo de valor (MFV)	29
2.1.2.4. Cinco “S”	29
2.1.2.5. Sistema puxado	32
2.2. HISTÓRIA DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA	32
2.3. FASES DA METODOLOGIA SOB A VISÃO DE SHINGO (1996 E 2000)	33
2.4. FASES DA METODOLOGIA SOB A VISÃO DE MONDEN (1984)	36
2.5. FASES DA METODOLOGIA SOB A VISÃO DE BLACK (1998)	37
2.6. ESTOQUE E MELHORIAS NO <i>SETUP</i>	39
2.7. BENEFÍCIOS DA TRF	41
2.8. ANÁLISE DOS MODELOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA TRF	42
3. PROPOSTA DE UM MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DA TRF	45
3.1. 1º PASSO: PLANEJAMENTO	45
3.2. 2º PASSO: EXECUÇÃO	47
3.3. 3º PASSO: VERIFICAÇÃO	49
3.4. 4º PASSO: PADRONIZAÇÃO	50
3.5. 5º PASSO: MANUTENÇÃO	50
4. ESTUDO DE CASO	53
4.1. HISTÓRICO DA EMPRESA	53
4.2. PROCESSO DE TORNEAMENTO	54
4.3. FASES DE IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO	56
4.3.1. Planejamento	56
4.3.1.1. Aprovação do Projeto pela Alta Gestão	56
4.3.1.2. Definição de um Líder do Projeto e de uma Equipe Multifuncional	56
4.3.1.3. Treinamento da Equipe	57
4.3.1.4. Escolha do Processo e Definição das Metas	58
4.3.2. Execução	59
4.3.2.1. Conhecendo o Método Existente	59
4.3.2.2. Separando os <i>Setups</i> Internos e Externos	62
4.3.2.3. Convertendo o <i>Setup</i> Interno em Externo	64

4.3.2.4. Eliminação do <i>Setup</i>	75
4.3.3. Verificação	76
4.3.4. Padronização	78
4.3.5. Manutenção da Implementação da TRF	79
5. CONCLUSÃO	81
REFERÊNCIAS	83
ANEXOS	86

1. INTRODUÇÃO

Para que uma empresa seja forte no mercado e permaneça nele com estabilidade, é necessário ser uma empresa competitiva. Para ser uma empresa competitiva, inevitavelmente a empresa deve trabalhar seus custos internos de uma maneira que o preço final do produto a ser pago pelo cliente seja reduzido; a empresa tem de trabalhar sua flexibilidade de produção, ou seja, produzir pequenas quantidades de grandes variedades de peças, de acordo com o que o cliente quer e na hora que ele quer, bem como produzir produtos com qualidade, que segundo a definição de Trietsch (1992) é a adição de valor ao produto evitando os desperdícios, os quais não adicionam valor ao cliente.

Slack (1993) diz que a vantagem competitiva é fazer certo com qualidade, fazer rápido com velocidade, fazer pontualmente com confiabilidade, ser flexível e fazer barato com custo baixo. A ênfase do autor é a flexibilidade da empresa em atendimento ao mercado, ou seja, é modificar o que está sendo feito e como está sendo feito.

Antigamente, de acordo com Shingo (1996), as empresas formulavam os preços baseados no custo com a fabricação do produto e na margem de lucro que queriam para o produto ($P=C+L$). Porém, atualmente, com o Sistema Toyota de Produção, o preço é determinado pelo mercado, resultando em um lucro sendo a subtração do preço e do custo: $L=P-C$, o qual força a empresa a trabalhar para diminuir os seus custos a fim de conseguir o lucro desejado.

Baseado nisso, no contexto atual, são várias as metodologias aplicadas pelas empresas para conseguir esta redução de custo no processo, metodologias estas que foram lançadas pela Toyota, com o Sistema Toyota de Produção ou *Lean Manufacturing*, após a segunda guerra mundial, momento no qual havia a necessidade de continuar produzindo, porém com custo menor. Uma das ferramentas que é a base de estudo desta dissertação é a metodologia SMED ou mais conhecida como TRF (Troca Rápida de Ferramenta), desenvolvida por Shingo a partir de 1950, visando a diminuir ou até mesmo eliminar o tempo de *setup* máquina, tendo como principal objetivo a redução dos custos relacionados à redução dos lotes.

1.1. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

A pesquisadora se deparou com um problema desta natureza, envolvendo tornos verticais CNC, com baixa produtividade e

flexibilidade, devido ao longo tempo de *setup*, gerando com isto perda de produção, baixa flexibilidade e, conseqüentemente, altos custos de fabricação. O caso estudado envolveu uma empresa de autopeças, no setor automotivo pesado, localizada no estado de Santa Catarina, a qual fornece peças para o mercado automotivo pesado.

1.2. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Inicialmente foi realizada uma pesquisa bibliográfica para fornecer fundamentação teórica do tema, bem como apoio para desenvolver um método de implantação de TRF em tornos verticais CNC e em seguida um estudo de caso para demonstrar a aplicação desse método e seus resultados. Baseado nisso, esta pesquisa é do tipo exploratória, que segundo Gil (2001) visa a proporcionar maior familiaridade com o problema, apresentando o objetivo de tornar mais explícito o problema. Este tipo de pesquisa permite o levantamento bibliográfico para fundamentar e compreender melhor os conceitos que serão estudados, bem como fazer um estudo de caso, caracterizado assim por ser um estudo em profundidade, exaustivo, visando a obter o máximo de informações que permitem o conhecimento, o que seria impossível em outras pesquisas (GIL, 1996).

1.3. OBJETIVO GERAL

Esta dissertação tem como objetivo geral mostrar o desenvolvimento e a aplicação de um método de implantação de TRF para tornos verticais CNC, por meio de um estudo de caso em uma empresa fabricante de autopeças.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- ✓ Analisar os diferentes modelos da implementação da TRF, sob a ótica de diferentes autores, os quais mostraram a evolução da metodologia ao passar dos anos;
- ✓ Montar uma seqüência de implementação da metodologia TRF visando à aplicação em tornos verticais CNC, tendo como objetivo a redução do tempo de *setup*, aumentando a disponibilidade de máquina e, conseqüentemente, a quantidade de peças produzidas e a flexibilidade de produção;

- ✓ Mostrar as fases de implantação desta metodologia na empresa escolhida, avaliando a aplicabilidade da mesma na máquina escolhida;
- ✓ Mostrar e melhorar a gestão da informação, a qual está diretamente ligada à obtenção dos dados para a implementação do método, fazendo parte do bom resultado da aplicação da metodologia;
- ✓ Fazer o monitoramento dos resultados alcançados após a implementação;
- ✓ Fazer a avaliação dos resultados e a validação do novo método de *setup*.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PENSAMENTO ENXUTO NAS EMPRESAS – BREVE HISTÓRIA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

Conforme Womack e Jones (2004), os Toyodas, família fundadora da Toyota, foram grandes empreendedores no setor têxtil, desenvolvendo teares superiores aos da concorrência, com ideias de Sakiichi Toyoda, de automação (automação com um toque humano), que eram dispositivos colocados nos teares substituindo a necessidade de mão-de-obra. Isto fez com que, a cada vez que acontecesse alguma falha que pudesse gerar produtos defeituosos, o tear parasse. Portanto, um operador poderia acompanhar várias máquinas sem o risco de produzir elevadas quantidades de tecidos defeituosos, “um operador, várias máquinas”.

O início da Toyota no mercado automobilístico começou na década de 1930, produzindo caminhões militares, de forma ainda artesanal, que foram usados na Segunda Guerra Mundial (WOMACK, JONES e ROOS, 2004). Após o Japão perder a Segunda Guerra Mundial, em 1945, Kiichiro Toyoda, presidente da Toyota Motor Company, chegou à conclusão de que se eles não alcançassem os Estados Unidos em três anos, a fabricação de carros no Japão, não sobreviveria (OHNO, 1997). Para trazer as ideias da Ford e adaptá-las à Toyota, segundo os autores Womack, Jones e Roos (2004), a Toyota contou com a ajuda do Engenheiro de Produção Taiichi Ohno, que antes de vir para a Toyota, em 1947, trabalhava na *Toyoda Spinning and Weaving* (Fiação e Tecelagem Toyoda). De acordo com os mesmos autores, Ohno percebeu que era impossível somente aplicar o sistema de produção americano em massa da Ford, sem adaptações, pois o que a Toyota precisava era, justamente, o contrário de produzir grandes quantidades de carros, com poucos modelos, para ter um custo baixo; o que a Toyota precisava era cortar os custos e produzir pequenas quantidades de vários modelos de carro, pensamento que fez surgir o Sistema Toyota de Produção (STP) – (*Lean Manufacturing*)

Segundo Monden (1984) o Sistema Toyota de Produção é um método de fabricar produtos eliminando os elementos desnecessários na produção, cuja ideia básica é produzir o produto certo, na hora certa e na quantidade certa. Mesmo a redução de custo sendo a principal meta deste método, o STP procura alcançar outros três objetivos, os quais não podem existir independentemente. São eles: controle da qualidade, no

qual o sistema tem de se adaptar às flutuações da demanda; qualidade assegurada, que é a garantia de ter somente peças boas no sistema de fabricação; e respeito à condição humana, enquanto o sistema utiliza o recurso humano para atingir seus objetivos de custo.

2.1.1. Estrutura do STP

Os pilares para o STP é o *just in time* e a autonomia (MONDEN, 1984). *Just in time* (JIT) é a produção na quantidade certa, do produto certo, entregue na hora certa, a qual utiliza o sistema de gerenciamento de produção kanban, um método de administrar a produção *just in time* via cartões de identificação. De acordo com Womack, Jones e Roos (2004), o JIT foi imaginado por Taiichi Ohno para facilitar o fluxo sequencial, mas ele só pode funcionar se as trocas de ferramenta forem reduzidas, a fim de produzir pequenas quantidades de cada peça e se as etapas produtivas posteriores praticarem a produção nivelada, para amenizar as oscilações de demanda do dia-a-dia não relacionadas a pedidos de cliente.

Autonomia ou *Jidoka*, que segundo Ohno (1997), é a automação com um toque humano, ou seja, é a transferência de inteligência humana para uma máquina, tem por objetivo identificar a primeira peça defeituosa do processo e parar, para que a peça com problema não continue para o processo seguinte.

2.1.2. Ferramentas para Aplicação da Filosofia Lean

2.1.2.1. Trabalho Padronizado

Para Monden (1984), visando reduzir os custos relacionados à produção, as empresas procuram trabalhar na eliminação dos estoques e operadores desnecessários, estabelecendo procedimentos para as atividades realizadas pelos operadores, conhecidos como trabalho padronizado. O primeiro objetivo dessa ferramenta é o aumento da produtividade por meio das atividades operacionais dedicadas, o segundo objetivo é ter o mesmo tempo de ciclo entre todos os operadores e o terceiro é ter quantidade padronizada de material em processo, por meio das atividades padronizadas realizadas pelos operadores.

2.1.2.2. Nivelamento

Womack e Jones (2004) dizem que o nivelamento é um programa de nivelamento do tipo e quantidade de produção por um período fixo

de tempo. A vantagem do nivelamento é atender aos pedidos do cliente, reduzir o estoque em excesso e a reduzir os custos.

De acordo com Rother e Shook (1999), existem muitas formas para nivelar a produção, porém a mais utilizada nas empresas é a caixa de nivelamento ou *heijunka box*, que é um quadro de nivelamento com escaninhos distribuindo os cartões de identificação (kanban), em intervalos fixos de tempo.

2.1.2.3. Mapa do fluxo de valor (MFV)

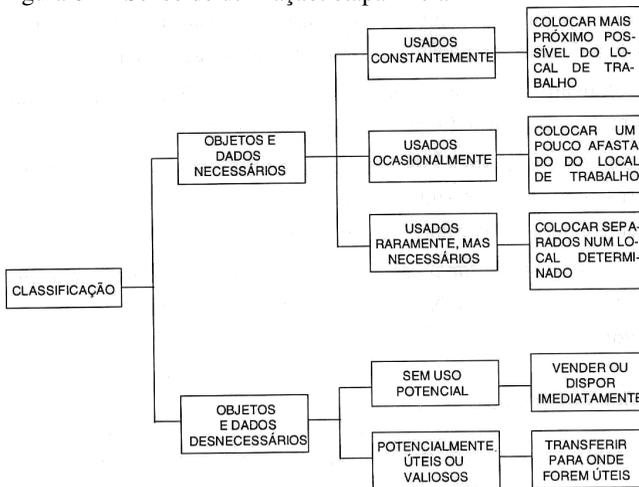
Conforme Rother e Shook (1999), o MFV é uma ferramenta utilizada pelas empresas para auxiliar a enxergar e entender os diversos fluxos de material e de informações na medida em que o produto segue o fluxo de valor. De acordo com os referidos autores, os passos para implementar esta ferramenta são: escolher uma família de peças, desenhar o estado atual, desenhar o estado futuro e fazer um plano de trabalho.

2.1.2.4. Cinco “S”

Conforme Silva (1996) os 5S's são:

– Seiri – senso de utilização – Significa utilizar somente os recursos necessários, mantendo somente o que você precisa no local de trabalho, eliminando o desperdício. Os benefícios são: liberação de espaço, aproveitamento melhor das pessoas que são utilizadas indevidamente e diminuição dos custos. Para aplicar o senso de utilização em ações de curto prazo, pode-se seguir o fluxograma da figura 01, no qual tem-se a classificação dos objetos, a frequência de uso destes objetos e o local onde eles devem se localizar.

Figura 01 – Senso de utilização: etapa inicial



Fonte: Silva (1996, p.39)

– Seiton – senso de ordenação – significa manter cada recurso no seu devido lugar, deixando tudo à vista, de uma forma que proporcione economia de tempo na hora da procura, eliminando movimentação desnecessária e conseqüentemente o cansaço físico. Para praticar este senso é essencial melhorar o leiaute, identificar todos os recursos, guardar objetos semelhantes juntos e cuidar para que a comunicação seja exposta de uma forma clara, não escrevendo frases longas, mostrando apenas aquilo que é necessário.

– Seiso – senso de limpeza – significa praticar a limpeza no dia-a-dia, de uma forma rotineira e habitual, não apenas limpando, mas cuidando para que a limpeza seja mantida. Limpar também significa inspecionar, mantendo os equipamentos em plenas condições de uso, pois são nas inspeções que problemas reais ou potenciais são identificados. Para proporcionar a limpeza é necessário: definir responsáveis por área, criar rodízios de limpeza, criar horários definidos para a limpeza e treinar os operadores para fazer uma limpeza de inspeção nas máquinas.

– Seiketsu – senso da saúde – significa manter os sentidos anteriores, objetivando um ambiente agradável e seguro, para ter condições de trabalho físicas e mentais favoráveis à saúde. Para estimular o senso da saúde a empresa deve providenciar algumas coisas, dentre elas: padronizar os sentidos anteriores, eliminar situações

inseguras, manter a higiene nos banheiros, refeitórios e ambientes em geral, oferecer refeições balanceadas e incentivar a prática de esportes.

– Shitsuke – senso da autodisciplina – significa o mais alto grau de desenvolvimento do ser humano, significa ter autodomínio e controle de si mesmo, tendo pessoas comprometidas em cumprir os padrões éticos e técnicos. Para estimular a autodisciplina é necessário melhorar a comunicação geral, ter padrões acessíveis a todos os funcionários.

Para Osada (1992), uma visão geral do 5S é dada na tabela 01, onde se tem um pequeno resumo dos principais objetivos, das principais atividades almeçadas pela empresa quando da implantação do conceito do 5S relacionadas cada uma com o respectivo senso.

Tabela 01 – Visão geral dos 5S's

	<i>Significado</i>	<i>Objetivos</i>	<i>Atividades</i>	<i>Princípios</i>
Organização (<i>Seiri</i>)	Distinguir o necessário do desnecessário e eliminar o desnecessário.	<ul style="list-style-type: none"> • Estabelecer critérios para eliminar o desnecessário e obedecê-los. • Adotar o gerenciamento pela estratificação para definir prioridades. • Tratar das causas da sujeira. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar o desnecessário. • Tratar das causas da sujeira. • <i>Kaizen</i> e padronização baseados nos aspectos fundamentais. 	Gerenciamento pela estratificação e tratamento das causas.
Arrumação (<i>Seiton</i>)	Definir um arranjo simples que permita obter apenas o que você precisa, quando precisa.	<ul style="list-style-type: none"> • Ambiente de trabalho arrumado. • Layout e arrumação eficientes (incluindo qualidade e segurança). • Aumento da produtividade através da eliminação do tempo gasto procurando as coisas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estocagem funcional, baseada nas perguntas o que, quando, onde, por que, quem e como. • Prática e competição ao colocar e tirar as coisas dos seus lugares. • Local de trabalho e equipamentos em ordem. • Eliminar o tempo gasto procurando as coisas. 	Estocagem funcional e eliminação da necessidade de procurar as coisas.
Limpeza (<i>Seiso</i>)	Eliminar o lixo, a sujeira e os materiais estranhos, tornando o local de trabalho mais limpo. Limpeza como uma forma de inspeção.	<ul style="list-style-type: none"> • Grau de limpeza compatível com suas necessidades. Eliminação total do lixo e da sujeira. • Descobrir os pequenos problemas, através de inspeções de limpeza. • Compreender que limpeza é inspeção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar os 5S's quando necessário. • Limpeza mais eficiente. • Limpeza e inspeção de equipamentos e ferramentas. 	Limpeza como inspeção e graus de limpeza.
Padronização (<i>Seiketsu</i>)	Manter as coisas organizadas, arrumadas e limpas, incluindo os aspectos pessoais e os relacionados à poluição.	<ul style="list-style-type: none"> • Padrões de gerenciamento para manutenção dos 5S's. • Gerenciamento visual inovador, para revelar as anormalidades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Gerenciamento visual inovador. • Detecção e ação preventivas. • Ferramentas (por exemplo, manuais) para manutenção da padronização. • Codificação por cores. 	Gerenciamento visual e padronização dos 5S's.
Disciplina (<i>Shitsuke</i>)	Fazer naturalmente a coisa certa.	<ul style="list-style-type: none"> • Participação total no desenvolvimento de bons hábitos e locais de trabalho que sigam as regras. • Comunicação e feedback como rotinas diárias. 	<ul style="list-style-type: none"> • 5S's em um minuto. • Comunicação e feedback. • Responsabilidade individual. • Prática de bons hábitos. 	Formação de hábitos e um local de trabalho disciplinado.

Fonte: Osada (1992, p.34)

2.1.2.5. Sistema puxado

De acordo com Monden (1984), a produção puxada é a produção no tempo exato, adaptando-se às variações das demandas, produzindo somente os produtos necessários, no tempo necessário e nas quantidades necessárias. Para isso, tem de se conhecer todo o processo de tempo e quantidades necessárias e o método utilizado para isto é o sistema *kanban* de produção.

2.2. HISTÓRIA DA TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTA

Segundo Shingo (2000), a ideia da TRF surgiu em 1950 em um trabalho conduzido na Mazda da Toyo Kogyo em Hiroshima, para redução de gargalos em grandes prensas de estampagem. Durante a observação de um *setup* em uma prensa de 800 toneladas, Shingo observou que o trabalhador demorou mais de uma hora à procura de um parafuso faltante, o qual não foi encontrado e um parafuso de outra prensa teve de ser retrabalhado para substituir o parafuso perdido. Shingo percebeu assim que existiam dois tipos de *setup*: o *setup* interno (TPI – tempo de preparação interno), que é realizado com a máquina parada e o *setup* externo (TPE – tempo de preparação externo), que é realizado com a máquina em funcionamento.

A segunda experiência ocorreu em 1957 em um estaleiro da Mitsubishi Heavy Industries, em Hiroshima, no qual os operadores tinham de nivelar, em uma plaina, uma base ao motor a Diesel para fazer a marcação para a usinagem e centro do motor. Para melhorar a operação, foi preparada uma mesa de nivelamento extra, onde a operação de marcação era realizada antes do *setup*. Assim, após a usinagem de um motor, o mesmo era substituído pela mesa extra e o motor já marcado, transformando assim o *setup* interno em externo (SHINGO, 2000).

O encontro definitivo com a TRF ocorreu em 1969 na Toyota Motor Company, na qual havia necessidade de se trabalhar o *setup* de uma prensa de 1000 toneladas, que tinha um tempo de *setup* de quatro horas. Nesta ocasião, após separar o *setup* interno do externo e trabalhar cada elemento individualmente, o tempo de *setup* foi reduzido para noventa minutos. Porém, um mês depois, ao voltar à planta da Toyota, Shingo foi surpreendido por uma exigência da direção de reduzir o tempo de noventa minutos para três minutos. Foi então que ele lembrou-se da experiência na fábrica de motores, quando converteu o *setup* interno em externo e então listou oito técnicas de redução de tempos de

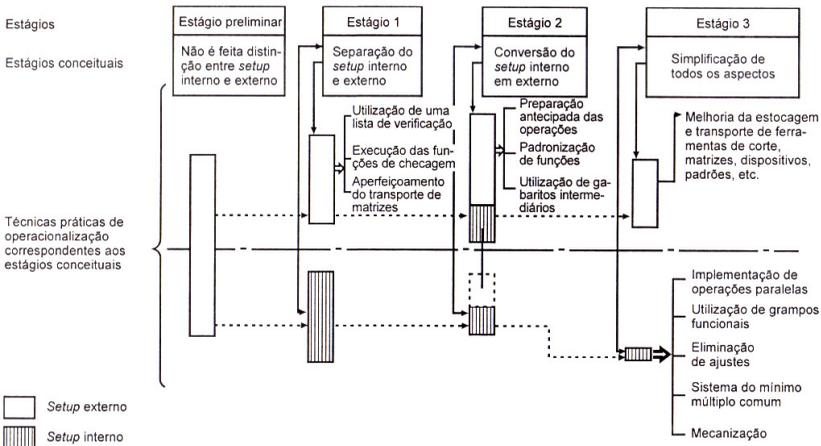
setup. Aplicando-as, Shingo conseguiu reduzir o tempo de *setup* da prensa para três minutos, e com esta redução de tempo de *setup* para menos de dez minutos foi que Shingo chamou este conceito de “Troca de ferramenta em um tempo inferior de dez minutos – *Single Minute Exchange of Dies*” ou TRF (SHINGO, 1996, 2000).

Na mesma linha da redução dos tempos de *setup*, Shingo (1996) fala das melhorias para auxiliar nas reduções de *setup*, como por exemplo, gabaritos intermediários (gabarito extra), executar operações paralelas, padronização das funções, ou seja, padronização dos elementos necessários à troca de ferramenta, dispositivos funcionais de fixação de ferramentas em um único movimento e eliminação de ajustes, o qual corresponde a 50% do tempo de *setup*. De acordo com Harmon e Petersen (1991), uma das técnicas mais fáceis de melhorar o *setup* está no armazenamento dos dispositivos de *setup*, pois o desperdício durante a procura pelos materiais necessários chega até um terço do tempo do operador. Assim, com uma armazenagem focalizada, os materiais podem ser armazenados próximos à máquina, de uma maneira organizada. Outra sugestão dos autores considerando minimizar o tempo de espera é utilizar kit de ferramentas para fazer a armazenagem das ferramentas próximas ou ao lado da máquina. O kit pode ser utilizado também para realçar as ferramentas que por ventura estiverem faltando.

2.3. FASES DA METODOLOGIA SOB A VISÃO DE SHINGO (1996 e 2000)

Shingo (1996) diz que o resultado de um *setup* TRF não é um truque de melhoria. Isto envolve a mudança da filosofia fundamental e a melhoria dos métodos atuais. De acordo com Shingo (2000), a metodologia possui três estágios conceituais, conforme mostrado na figura 02.

Figura 02 – Etapas conceituais e técnicas para a TRF



Fonte: Shingo (1996), pg. 314

Estágio inicial: as condições de *setup* interno e externo não se distinguem

Em um *setup* tradicional não há divisões entre o *setup* interno e externo, ou seja, as operações que deveriam ser realizadas com a máquina em funcionamento são realizadas com a máquina parada, ficando a máquina parada por um longo período de tempo. Assim, nesta etapa inicial da implementação da metodologia, faz-se a análise das condições de *setup* atuais, utilizando recursos como cronômetro, filmagem e até entrevista com os operadores.

Estágio 1: Separando *setup* interno e externo

Este é o passo mais importante. Nesta fase faz-se a distinção entre o *setup* interno e externo, podendo gerar uma redução de 30% a 50% no tempo de *setup*. Como técnicas de apoio neste estágio, são utilizadas as seguintes ferramentas: – *checklist* de todos os elementos e passos necessários em uma operação; – lista de verificação de funcionamento, para verificar se todos os elementos estão funcionando em perfeitas condições de trabalho; – melhoria no transporte de matrizes e componentes, os quais devem fazer parte do *setup* externo, sendo transportados do estoque para a máquina e vice-versa, por outro operador.

Estágio 2: Convertendo *setup* interno em externo

Neste estágio faz-se a avaliação para verificar se nenhuma atividade foi considerada como *setup* interno erroneamente, bem como

se encontram meios de converter o *setup* interno em externo. Neste estágio também é feita a preparação antecipada das condições operacionais para o *setup*, bem como a padronização de funções, que é a padronização do tamanho e as dimensões de todas as ferramentas e componentes da máquina, padronizando somente as partes cujas funções são necessárias do ponto de vista da operação de *setup*, ou seja, as operações são divididas por elementos básicos e são decididos quais elementos precisam ser padronizados. Faz-se também a utilização de gabaritos intermediários, os quais são utilizados quando há o processamento de vários itens, no qual sempre que uma peça é terminada, a outra já está fixada na segunda placa, que é montada na máquina. Nesta operação é possível reduzir o tempo do *setup* interno de 10% a 30% do tempo total.

Estágio 3: Racionalizando todos os aspectos da operação de *setup*

Nem sempre executando os estágios anteriores é possível conseguir um tempo de *setup* menor que 10 minutos. Assim, é necessário fazer a avaliação de cada elemento do *setup* interno e externo para diminuí-los ou até mesmo eliminá-los.

Neste estágio é trabalhada a disponibilização dos elementos de *setup*, como operações paralelas, uso de fixadores funcionais, tais como: furo em forma de pêra, de modo que cada porca possa ser solta em uma volta; arruela em U, de modo que os objetos possam ser soltos e fixados em uma única volta; entre outros. Nesta fase faz-se também a eliminação dos ajustes, os quais consomem 50% do tempo de *setup* interno. Isso pode ser feito estabelecendo parâmetros numéricos, por meio de escalas graduadas, relógios comparadores, escalas especiais, dentre outros, os quais são definidos de acordo com a precisão do processo. Sistema de mínimo múltiplo comum (MMC), no qual os trabalhadores executam apenas funções requeridas para uma determinada operação. Mecanização da movimentação das matrizes, por meio de empilhadeiras, mesas móveis, esteira de roletes, método de circuito, o qual pode ser utilizado quando há várias trocas de matrizes de pequeno porte e mesas rotativas, a qual é utilizada com esteiras de roletes.

2.4. FASES DA METODOLOGIA SOB A VISÃO DE MONDEN (1984)

De acordo com Monden (1984), para reduzir o tempo de troca de ferramenta é necessário praticar quatro conceitos básicos e aplicar seis técnicas, conforme descrito abaixo:

Conceito 1 – Separar a preparação de ferramentas em interna e externa. Assim como os outros autores, Monden (1984) deixa claro que o *setup* interno e externo devem ser separados e que o *setup* interno deve consistir somente em o operador efetuar a remoção e colocação das ferramentas na máquina.

Conceito 2 – Transferir a preparação interna para a externa. De acordo com Monden, este é o conceito mais importante do TRF.

Conceito 3 – Eliminar os ajustes. Segundo o autor, o tempo de ajustes consome de 50% a 70% do tempo total da troca de ferramenta e o mesmo deve ser eliminado para conseguir baixar este tempo.

Conceito 4 – Eliminar a troca de ferramenta. Monden (1984) sugere a eliminação de *setup* por meio da utilização de intercambiabilidade de ferramentas.

As seis técnicas descritas a seguir são destinadas à aplicação dos conceitos citados acima (MONDEN, 1984).

Técnica 1: Padronizar as ações externas de troca rápida de ferramenta. Fazer um procedimento e deixar disponível na célula com os elementos de *setup* padronizados.

Técnica 2: Padronizar somente as partes necessárias da máquina. Às vezes, padronizar todas as ferramentas pode ser dispendioso. Assim, somente as partes necessárias à troca rápida de ferramenta devem ser padronizadas.

Técnica 3: Utilizar fixador rápido. Substituir o parafuso por, por exemplo, furo em formato de pera, arruela em formato de U e porca e parafuso com partes correspondentes.

Técnica 4: Usar uma ferramenta de fixação suplementar. Utilizar ferramenta reserva, na troca de ferramenta externa, para que na troca de ferramenta interna a ferramenta reserva seja somente fixada na máquina em um toque.

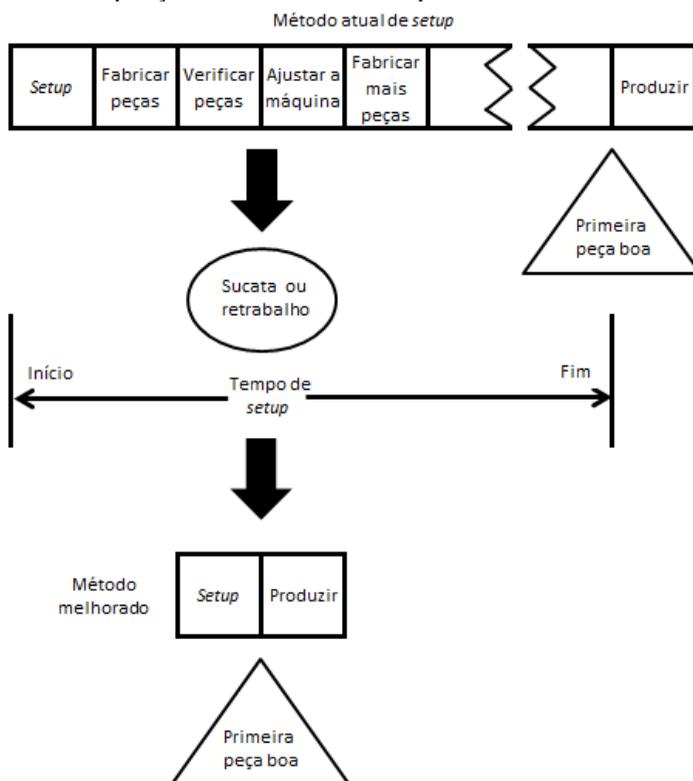
Técnica 5: Usar operações paralelas. Utilizar um segundo operador para auxiliar no *setup*.

Técnica 6: Usar sistema de troca mecanizado. Por exemplo, utilizar a pressão do óleo ou ar para fazer a fixação da ferramenta em diversas posições, com somente um toque.

2.5. FASES DA METODOLOGIA SOB A VISÃO DE BLACK (1998)

De acordo com Black (1998), o tempo de *setup* é o tempo compreendido entre a saída da última peça do processo até a primeira peça boa do lote seguinte (lote do *setup*) e tudo o que estiver neste período de tempo deve ser abordado no TRF (figura 03).

Figura 03 – Composição dos elementos de *setup*



Fonte: Black (1998) pg. 131

Do ponto de vista do autor, algumas ações devem ser tomadas antes do início do projeto de TRF. Segundo Black (1998), os seguintes passos devem ser seguidos:

1 – Selecionar uma pessoa responsável por conduzir o projeto TRF na empresa;

2 – Selecionar uma equipe multifuncional para atuar no projeto TRF. Esta equipe deve ser bem treinada na metodologia da TRF e a participação dos operadores deve ocorrer, pois eles são as pessoas que mais podem contribuir para a diminuição do tempo de *setup*. Esta equipe tem um papel fundamental no projeto;

3 – Fazer reuniões com a equipe multifuncional, na qual será abordado o que será feito e os motivos pelos quais fazer;

4 – Selecionar uma célula para aplicação do projeto piloto;

5 – Disseminar a metodologia para que a mesma seja aplicada em outras máquinas da empresa.

Após fazer estas etapas preliminares, segundo Black (1998) são 7 os passos básicos para a implementação da TRF, os quais seguem listados abaixo:

1 – Determinar o método existente. Na fase de determinar o método existe, de acordo com o autor, faz-se a análise das atividades que compõem o *setup*, com o objetivo de melhorar o método, eliminando os movimentos desnecessários e colocando os movimentos necessários em uma boa sequência. O auxílio da filmagem pode ser utilizado para fazer as revisões das atividades e visualizar as perdas no decorrer deste processo. Outra vantagem citada por Trietsch (1992) é que a filmagem pode ser usada para ver cada detalhe do processo de *setup* e pode auxiliar nas ideias de melhorias dos operadores, uma vez que eles se veem realizando as atividades durante o *setup*.

2 – Separar os elementos internos dos externos. Na fase de separar os elementos internos dos externos, o autor diz que o operador nunca deve fazer o *setup* externo com a máquina parada. Qualquer preparação deve ser feita antes de a máquina parar e começar o *setup* interno, o qual deve compreender somente a remoção e inserção de ferramentas.

3 – Converter os elementos internos em externos. A fase de conversão do *setup* interno em externo é uma das fases mais importantes para a redução do tempo de *setup* e, segundo o autor, os elementos que devem ser transformados imediatamente em *setup* externo são: tempo de procura (ferramentas, dispositivos matrizes, etc.), tempo de espera (carrinhos, empilhadeiras, etc.) e o tempo de posicionamento (ferramentas, dispositivos, matrizes, etc.). Estas operações devem ser transformadas em rotinas e padronizadas.

4 – Reduzir ou eliminar os elementos internos. Para reduzir ou eliminar o *setup* interno, Black (1998) diz que os métodos de *setup* interno devem ser analisados detalhadamente, elemento por elemento. E nesta fase é muito importante que todos os operadores tenham o mesmo objetivo de redução de *setup* para que possam se tornar multifuncionais e não apenas operar máquinas e produzir peças.

5 – Aplicar métodos de análise e treinar as tarefas de análise.

6 – Eliminar ajustes. Na fase de eliminar os ajustes, o autor diz que as condições de *setup* devem ser determinadas e identificadas, para que possam ser colocadas em prática a cada necessidade de *setup*.

7 – Abolir o *setup*. No último passo, abolir o *setup*, Black (1998) menciona que o *setup* deve ser eliminado ou realizado automaticamente.

2.6. ESTOQUE E MELHORIAS NO *SETUP*

Segundo Russomano (1995), estoque pode ser classificado como qualquer material armazenado que será utilizado posteriormente.

Na visão de Slack (2008), estoque é um acúmulo de materiais em um sistema de transformação e são classificados como:

- estoque de proteção – serve para compensar as incertezas do fornecimento e demanda;

- estoque de ciclo – utilizado quando um ou mais estágios não podem fornecer simultaneamente os itens (produção em lotes);

- estoque de antecipação – utilizado quando há flutuações significativas na demanda e no fornecimento;

- estoque no canal (de distribuição) – estoque a espera para ser enviado ao posto consumidor, o qual fica indisponível para qualquer outro consumidor (estoque em trânsito).

De acordo com Shingo (1996), no passado os sistemas de produção nos Estados Unidos e na Europa consideravam os estoques como um mal necessário e até inevitável. Porém, no sistema de produção novo, o estoque é considerado um mal absoluto, o qual deve ser totalmente eliminado.

Slack (2008) diz que os gerentes de produção têm uma atitude ambivalente considerando os estoques. Por um lado, além do custo, o material em estoque pode deteriorar, tornar-se obsoletos, além de ocupar espaços. Por outro lado, eles proporcionam segurança em ambientes incertos, sendo uma garantia contra o inesperado.

Sob o ponto de vista de Shingo (1996), três fatores eram considerados como geradores de lucro nas atividades de produção: o

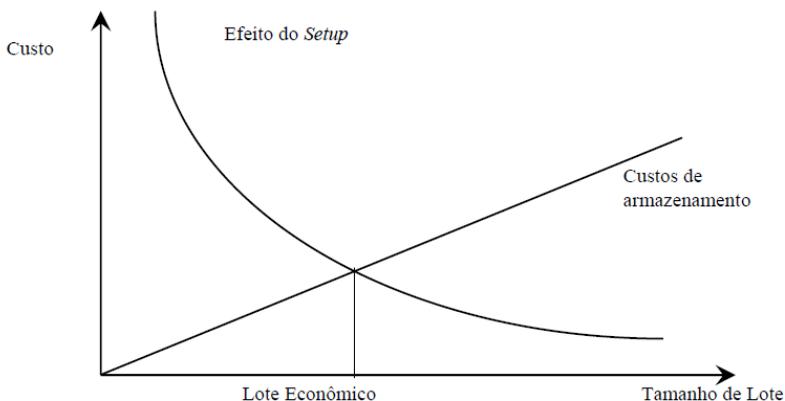
custo mais baixo da matéria-prima, o custo mais baixo da mão de obra e custos indiretos mais baixos. Porém, aumentar o lucro via redução de estoque, que é um fator extremamente importante, foi deixado de lado, devido à dificuldade de fazer a redução do estoque. Segundo o autor, pelo fato de muitos gestores acreditarem que certo nível de estoque era inevitável, os sistemas de produção com estoque foram logo aceitos como naturais. Porém, o STP é o primeiro sistema de produção que rejeita a existência de estoque, considerando os estoques como origem de problemas. Assim, a Toyota propôs a ela mesma a construção de um sistema de produção com estoque zero, no qual desenvolveu melhorias, concentrando-se em duas diretrizes específicas:

1. redução drástica do tempo de atravessamento, eliminando as esperas em processo por meio da sincronização, transporte de itens em lotes unitários e reduzindo o tamanho do lote, por meio da TRF, a qual contribuiu também para a diminuição dos períodos de produção;
2. evitar a superprodução fabricando lotes mínimos, por meio do auxílio da TRF.

Shingo (1996) também cita algumas técnicas a serem utilizadas para diminuir a necessidade de estoques, como por exemplo: diminuir o *lead time* de última hora; troca rápida de ferramentas; zero defeito, o qual pode ser atingido por meio do controle de qualidade total; eliminar a quebra de máquinas por meio de verificações na fonte e *poka-yoke* e tendo operadores multifuncionais ou pré-autonomação.

Segundo Shingo (2000), dadas as vantagens e desvantagens de se ter peças em estoque, pode-se notar que a produção em grandes lotes diminui o custo dos longos tempos de *setup*, porém aumentam os custos relacionados aos estoques. A resultante da interseção dos efeitos do *setup* e do custo do armazenamento do estoque se encontra em um ponto denominado E, o qual é chamado de lote econômico, que é o ponto de balanceamento das vantagens e desvantagens dos estoques, figura 04.

Figura 04 – Gráfico do lote econômico



Fonte: Meirelles (2004), p. 26

De acordo com Slack, Freeland e Robbins (1997, 1990, 1989 *apud* MEIRELLES, 2004, p. 26) o cálculo do lote econômico de produção (LEP) é uma equação da demanda (D), do custo unitário de fabricação (A), do custo unitário de compra (C) e dos encargos financeiros sobre o estoque, conforme a seguinte fórmula:

$$LEP = ((2 \cdot A \cdot D) / C \cdot i)^{1/2}$$

2.7. BENEFÍCIOS DA TRF

Existem muitas vantagens quando há a implementação da TRF, de acordo com Shingo (2000). Algumas destas vantagens seguem listadas abaixo.

- Produção sem estoque: a TRF leva a uma produção com grande variedade de peças, em pequenos lotes e com níveis de estoque mínimos. Com isto podem-se esperar as seguintes vantagens: aumento do giro de estoque, uso mais eficiente dos espaços da empresa, aumento da produtividade, eliminação da perda por obsolescência e mudança de método de peças;

- Aumento da utilização de máquinas e capacidade produtiva, pois se os tempos de *setup* são reduzidos, a utilização das máquinas aumenta e a produtividade cresce. Ocorre também a eliminação de erros de *setup* devido à eliminação de operações experimentais. A qualidade é melhorada devido aos ajustes com antecedência. *Setup* mais simples leva a operações mais seguras, ou seja, há uma maior segurança.

Devido à redução de ferramentas é mais fácil fazer a organização da célula. Há menor exigência de qualificação dos operadores devido à facilidade de realizar a operação de *setup*. O tempo de produção é reduzido, pois o tempo de espera por processo e espera dos lotes são reduzidos e há a produção em pequenos lotes. A produção fica mais flexível, ou seja, o tempo de resposta a mudanças na demanda é mais rápido.

Outros benefícios citados por Shingo (1985 *apud* MOREIRA e GIL, 2010, p. 132) são os ganhos diretos e indiretos com a TRF. Ganhos diretos: redução do tempo de *setup*, redução do tempo de ajuste (*fine-tuning*), menos erros durante as trocas, melhoria na qualidade do produto e aumento da segurança. Como ganhos indiretos: redução de inventário, aumento da flexibilidade da produção e racionalização das ferramentas.

Sob o ponto de vista de Black (1998), os benefícios da TRF não mudam muito dos citados por Shingo. A produção em lotes pequenos exige que este tempo de *setup* seja reduzido ou até mesmo eliminado e este não é o único benefício para um *setup* TRF. Outros benefícios são a flexibilidade da produção, que poderá permitir ajustes de acordo com a variação da demanda, bem como o estoque ser minimizado.

2.8. ANÁLISE DOS MODELOS DE IMPLEMENTAÇÃO DA TRF

Analisando criticamente os métodos de implementação da TRF citado pelos autores nesta dissertação, observa-se que os conceitos estabelecidos por Shingo (1996 e 2000) fazem parte das metodologias apresentadas, porém com diversas contribuições para o aperfeiçoamento da mesma.

O método proposto por Shingo (1996 e 2000), o qual é composto por 01 estágio preliminar e 03 estágios conceituais, é aplicado analisando somente a situação do *setup* máquina, não se preocupando com a preparação do ambiente para receber a aplicação da metodologia, por entender que o ambiente já seja um ambiente baseado no STP. Monden (1984) propôs em sua metodologia a aplicação de quatro conceitos básicos e seis técnicas que são destinadas à aplicação dos conceitos, preocupando-se mais com o ambiente externo, como a disponibilização de ferramentas, uso de um segundo operador no auxílio ao *setup* e até a eliminação do *setup*, por meio da intercambiabilidade de ferramentas.

Já Black (1998) propõe uma metodologia mais abrangente, preparando não o ambiente, mas uma equipe multifuncional, um líder e a disseminação da metodologia, antes da aplicação dos conceitos. Neste caso, a metodologia é composta por 05 passos preliminares que envolvem a preparação citada anteriormente e mais 07 passos para a implementação da ferramenta, da qual se pode citar a análise de tempos e movimentos para determinação do método existente, tendo como objetivo final a eliminação total do tempo de *setup*.

Apesar de não terem sido expostos em sua totalidade nesta dissertação devido às semelhanças com os modelos de TRF apresentados, alguns trabalhos importantes nesta área foram utilizados como fonte de consulta para esta dissertação, devido à contribuição ao tema estudado. No modelo de Hay (1992 *apud* MEIRELLES, 2004, pg. 32) e Kannenberg (1994) foram propostas 09 etapas na implementação da metodologia TRF, das quais algumas se diferem dos autores citados acima. Hay (1992 *apud* MEIRELLES, 2004, pg. 31) buscou envolver a alta administração no comprometimento com o projeto, definir o local a ser implementado o projeto, a capacitação nos conceitos e técnicas, bem como estabeleceu uma etapa com o objetivo de garantir a execução das atividades de *setup*, eliminando problemas como falta de ferramenta, dispositivo ou elementos de fixação. Kannenberg (1994), além das etapas similares aos outros autores, propôs dividir o método em três níveis: estratégico, tático e o operacional, sendo o operacional similar aos outros modelos e o tático e o estratégico a serem aplicados anteriormente à implementação da metodologia. O nível estratégico diz respeito ao envolvimento da alta direção, formação da equipe a implantar o projeto, procedendo-se a uma avaliação do processo produtivo quanto à visão de futuro e ao crescimento; o nível tático é voltado à difusão das políticas da empresa em médio e longo prazo, principalmente considerando os investimentos, projetos de produto, treinamentos, entre outros.

3. PROPOSTA DE UM MÉTODO DE IMPLANTAÇÃO DA TRF

Baseado nas metodologias e nos estudos de casos aplicados nos mais diferentes processos produtivos, neste capítulo propõe-se apresentar um método de implementação da TRF, o qual é genérico, podendo servir como base para aplicação em qualquer processo produtivo. Neste caso, o método foi aplicado em dois tornos verticais CNC.

Com exceção dos passos principais das metodologias já explanadas anteriormente, o que este método difere das metodologias de Shingo, Black, Monden, Hay e Kannenberg são:

– Envolvimento de uma equipe técnica e multifuncional para desenvolvimento do projeto. O SMED baseia-se no trabalho de uma equipe multifuncional, sendo a mesma reconhecida pelos ganhos alcançados. Neste caso faz parte desta equipe o engenheiro de desenvolvimento de produto, o qual é responsável pelo desenvolvimento de processos, cuja participação tem como principal objetivo a padronização da sistemática a ser validada para os processos das peças que estão em desenvolvimento e as que virão a ser desenvolvidas;

– Gestão da informação, que compreende desde o recebimento da informação de *setup* pelo operador à disponibilização da peça após a medição, pois se não há uma gestão de informação eficiente, o sucesso da implementação da ferramenta pode ser comprometido. Este ponto de vista também é defendido por Marchiori (2002), a qual diz que as necessidades de informações se tornam cada vez mais complexas e dependentes de diferentes e múltiplas fontes, na qual uma correta avaliação e qualidade é fator crucial para os processos de tomada de decisão;

– Proposta da utilização de auditorias para fazer a manutenção do sistema proposto, pois as alterações não são realizadas somente em máquinas, as mesmas envolvem ambiente externo, envolvem informações, procedimentos, ou seja, requer uma mudança de cultural.

O método proposto é composto de 11 etapas, sendo o mesmo dividido em 5 passos, os quais serão descritos conforme segue:

3.1. 1º PASSO: PLANEJAMENTO

- 1ª ETAPA: apoio do projeto pela alta gestão

O primeiro passo a ser dado para ter sucesso na implementação de qualquer projeto em uma empresa é ter o apoio da alta gestão. Segundo Falconi (2002 *apud* MEIRELLES, 2004, p. 40), o nível do comprometimento com a melhoria das operações e dos processos dentro de uma organização cresce de acordo com o nível hierárquico, ou seja, quanto maior o nível, maior o comprometimento. A alta gestão tem de se comprometer com a ideia de implementação, bem como entender a ferramenta a ser aplicada como um todo, para que ao longo da execução a mesma possa acompanhar o andamento do projeto, suportando a equipe durante estas fases.

- 2ª ETAPA: definição de um líder do projeto e de uma equipe multifuncional

A pessoa destinada a ser líder do projeto deve ser uma pessoa da equipe, que poderá ser direcionada por uma pessoa que trabalhe e conheça os conceitos da ferramenta, para que esta pessoa ajude a equipe na aplicação dos passos da metodologia. É essencial que a equipe a participar da implementação de uma TRF seja uma equipe multifuncional, formada por pessoas chave do processo, ou seja, com poderes de decisão, a qual estará ligada diretamente a este processo de *setup* na fábrica.

É importante também optar pelo envolvimento de pessoas que representem a engenharia de desenvolvimento de produto, pois de acordo com Van Goubergen (2000, *apud* CONCEIÇÃO *at al.*, 2006, p. 3), a área de desenvolvimento de produto nem sempre se preocupa com a redução das atividades de *setup* durante o desenvolvimento do produto.

Direcionamento para aplicação da ferramenta em tornos: como se trata de *setup* com foco em tornos CNC, é imprescindível que haja pessoas da engenharia e corpo técnico com habilidades neste tipo de máquina, para trabalhar nas melhorias direcionadas à redução dos tempos de *setups* internos/máquina.

- 3ª ETAPA: Treinamento da equipe

A equipe deve ser treinada na metodologia ou por um órgão externo ou por pessoas da empresa que possuem domínio da ferramenta a ser aplicada. Isso é essencial, pois a equipe precisa entender a metodologia como um todo, entender a sequência de passos a serem tomados e a importância de cada passo dentro do conceito, bem como na prática.

Direcionamento para aplicação da ferramenta em tornos: se algum integrante da equipe não tiver conhecimento da máquina a ser estudada, é necessário fazer um treinamento básico sobre a funcionalidade da máquina, que pode ser realizado por pessoas da própria empresa, com conhecimento técnico da máquina, para que quando do início dos trabalhos, todos estejam alinhados com o equipamento e com as ações técnicas que serão tomadas durante o projeto.

- 4ª ETAPA: Escolha do processo onde a metodologia será aplicada e definição das metas

De acordo com as metas estipuladas pela empresa, a equipe deve definir, por meio de indicadores, qual célula será o piloto para aplicação da metodologia. Além dos indicadores, podem ser usados critérios de variedades de peças que passam pelas máquinas, bem como processos estratégicos para a empresa. Nesta etapa é feita a definição da meta pela equipe, baseada nos indicadores do processo.

3.2. 2º PASSO: EXECUÇÃO

- 5ª ETAPA: Conhecendo o processo de *setup*

Nesta etapa faz a utilização do recurso de filmagem para ter exatidão dos tempos de duração de cada atividade ou elementos de trabalho. Além de uma pessoa para a filmagem, pode-se ter uma pessoa para anotar o que acontece de importante paralelamente, para que quando da análise dos dados se tenha a maior quantidade de informações possíveis.

Como resultado, ter-se-á uma planilha com todos os elementos de trabalho realizados pelo operador durante o *setup*, a qual será a base de informações para a etapa seguinte.

Direcionamento para aplicação da ferramenta em tornos: a filmagem do processo de *setup* é essencial para a análise dos elementos de trabalho, principalmente os relacionados às atividades internas, pois com o recurso de filmagem é possível identificar as dificuldades enfrentadas pelo operador durante as trocas de castanhas e ferramentas, bem como todos os movimentos desnecessários realizados durante esta operação.

- 6ª ETAPA: Separando o *setup* interno do *setup* externo

Direcionamento para aplicação da ferramenta em tornos: com base na planilha dos elementos de trabalho, toda a equipe faz a separação dos elementos de trabalho, dividindo-os em categorias. Estas

categorias são criadas para facilitar o trabalho da equipe, dividindo a mesma de acordo com o conhecimento técnico dos participantes. Sugere-se criar as seguintes categorias: dimensional, preparação de máquina ou atividades internas e atividades externas.

- Dimensional: relacionará todas as atividades correspondentes à medição das peças durante o processo de *setup*;

- Preparação de máquinas ou atividades internas: relacionará todas as atividades correspondentes à preparação da máquina, como trocas de ferramentas e dispositivos, bem como as atividades de ajuste;

- Atividades externas: relacionará todas as atividades que devem ser realizadas com a máquina em funcionamento, como por exemplo: pedido dos recursos de *setup*, disponibilização dos recursos, etc.

- 7ª ETAPA: Convertendo *setup* interno em externo

De posse de todos os elementos de trabalho, a equipe deve avaliar a possibilidade de transformar o *setup* interno em externo, bem como a possibilidade de redução dos tempos dos elementos de trabalho, formando um plano de ação.

- Implementação do 5S

Este passo é essencial para a implementação de uma TRF, primeiramente para a organização da célula, definindo áreas de entrada e saídas de ferramentas, dispositivos e peças, identificação das ferramentas utilizadas durante o *setup*, bem como para melhorar a gestão visual da mesma, disponibilizando as informações dos indicadores e leiaute da célula em um quadro de gestão visual. Pereira (2010) diz que o 5S tornou-se uma prática obrigatória para as empresas que querem organizar suas áreas, e em casos de tornos CNC, a falta de organização pode provocar atrasos que reduzem a produtividade de máquina.

- Trabalhando a gestão da informação

Este método proposto, diferentemente das metodologias apresentadas, traz a importância de se trabalhar com a gestão da informação dentro do processo produtivo, neste caso, trabalhando a gestão da informação com as áreas de apoio ao *setup*.

Direcionamento para aplicação da ferramenta em tornos: neste caso, o 5S aplica-se também para os setores que fazem o apoio às máquinas durante o *setup*, nos quais os dispositivos e ferramentas estarão em locais identificados, visando à rapidez e à eficiência de

atendimento, quando do abastecimento das ferramentas e dispositivos para as células TRF. As castanhas podem ser identificadas de acordo com o posicionamento no dispositivo e de acordo com a peça para a qual foi confeccionada. Seidel (2005 *apud* PEREIRA, 2010, p. 86) enfatiza a importância do 5S como organização das ferramentas e dispositivos das máquinas, pois segundo o autor, estudos em uma empresa metal-mecânica apontaram que a principal causa dos altos tempos de *setup* eram ocasionados pela falta de organização dos ferramentais, os quais encontravam-se dispersos na fábrica, sem estarem devidamente organizados.

- 8ª ETAPA: Eliminando o *setup* interno

Nesta etapa, o conhecimento técnico da equipe deve ser utilizado para tentar eliminar o *setup* interno, analisando os elementos de trabalho individualmente tomando ações para eliminá-los. Cada elemento de trabalho deve ser trabalhado pela equipe, juntamente com a ajuda dos operadores, com o objetivo de zerar o tempo de *setup*.

3.3. 3º PASSO: VERIFICAÇÃO

- 9ª ETAPA: Verificação e validação das atividades de *setup*

Após a análise de todos os elementos de trabalho resultantes do acompanhamento do *setup* e elaboração dos planos de ação, é necessário fazer a padronização das atividades por meio de um procedimento de *setup*. Neste procedimento devem conter as atividades básicas do *setup* em um torno, para que todos os operadores, independente da experiência com a peça, possam realizá-lo no tempo total estabelecido.

Para fazer a validação do procedimento da nova sistemática de TRF é necessário primeiramente treinar um operador no novo procedimento, ou se possível, colocar o mesmo operador que participou da equipe TRF para realizar um *setup* na mesma condição do primeiro acompanhamento, ou seja, considerando as mesmas peças, com as ações principais ou de preferência todas as ações já implementadas, para verificar os novos tempos e fazer os ajustes necessários para a validação.

Este acompanhamento também deve ser feito por meio de filmagem, para que todos os elementos sejam visualizados pela equipe. Se possível, a pessoa que acompanhou as atividades paralelas do primeiro *setup* pode realizar este novo acompanhamento, anotando as ocorrências paralelas ao *setup*.

As ações de tornar procedimento às atividades das áreas de apoio são necessárias para que as mesmas estejam documentadas e, caso necessário, os envolvidos devem ser treinados para dar apoio, de acordo com o procedimento das áreas, na realização do *setup* de validação dos procedimentos em geral.

Nesta fase também é necessário estabelecer os indicadores de TRF, os quais podem ser apontados pelos operadores e analisados pela gestão como uma forma de verificar se o procedimento está sendo executado conforme estabelecido.

Após a validação do procedimento e de todas as padronizações, é necessário que todos os operadores sejam treinados, para que o procedimento seja seguido e aplicado em todos os *setups* da máquina.

3.4. 4º PASSO: PADRONIZAÇÃO

- 10ª ETAPA: Padronização

Para padronizar as alterações tomadas é necessário fazer o uso de procedimentos e definir as responsabilidades de manutenção destas alterações. É muito importante que todas as peças sejam desenvolvidas dentro da nova padronização, principalmente no que diz respeito aos sistemas de fixação e ferramentas.

3.5. 5º PASSO: MANUTENÇÃO

- 11ª ETAPA: Fazer a manutenção da implementação

Para manutenção do procedimento implementado, pode-se fazer um acompanhamento dos indicadores estabelecidos pela equipe e fazer auditorias de processo nas células que já foram realizadas TRF's, para manutenção da implementação. No caso da implementação de TRF, propõe-se fazer auditorias direcionadas também nas áreas de apoio para verificar se as áreas estão atendendo ao que foi estabelecido durante o projeto TRF.

Na tabela 02 pode-se verificar o resumo do método proposto de forma íntegra.

Tabela 02 – Método proposto.

Método de implementação de TRF proposto			
PASSOS	ETAPAS	Estratégia	Parecer Geral
1ª - PLANEJAMENTO	1ª - Aprovação do projeto pela alta gestão; 2ª - Definição de um líder do projeto e de uma equipe multifuncional; 3ª- Treinamento da equipe; 4ª- Escolha do processo a ser aplicada a metodologia e definição das metas.	- Preparação do ambiente para receber o projeto TRF; - Escolha de uma equipe multifuncional; - Escolha de um processo piloto.	- A etapa de convencimento da alta direção é essencial para a aplicação do projeto; - No caso da aplicação para tornos e máquinas em geral, a equipe técnica é indispensável, pois ao longo da metodologia será inevitável o uso de conhecimentos técnicos para diminuir ou até mesmo eliminar o <i>setup</i> interno; - As informações traduzidas pelos indicadores são essenciais nesta etapa, por isto, da importância de um banco de dados confiável.
2ª - EXECUÇÃO	5ª - Conhecendo o método existente; 6ª -Separando do <i>setup</i> interno e externo; 7ª- Convertendo o <i>setup</i> interno em externo; 8ª- Eliminando o <i>setup</i> interno.	- Utilização de filmagens; - Anotação de informações paralelas; - Separar os elementos de trabalho internos dos elementos de trabalho externos. - Aplicar planos de ação convertendo os <i>setups</i> internos em externos, otimizando os tempos ou até mesmo eliminando alguns elementos. - Aplicar a ferramenta 5's; - Trabalhar a gestão da informação entre as áreas de apoio ao <i>setup</i> .	- A filmagem é essencial devido aos meios utilizados no processo de <i>setup</i> interno; - Sugere-se dividir os elementos de trabalho em categorias para facilitar a tomada de ação pela equipe, dividindo a mesma de acordo com o conhecimento. - A aplicação do 5's na célula e nas áreas de apoio, visa facilitar as atividades dos operadores reduzindo/eliminando os tempos desperdiçados de procura de ferramentas e das áreas de apoio, identificando e endereçando os dispositivos/castanhas; - Trabalhar com a gestão da informação, visando melhoria na comunicação entre as áreas, bem como na acuracidade das informações.
3ª - VERIFICAÇÃO	9ª - Verificando e validando as atividades de <i>setup</i> ;	- Após a execução das ações, fazer a validação da nova sistemática definida realizando um <i>setup</i> , nas mesmas condições do primeiro <i>setup</i> . - Nesta etapa faz-se a definição dos indicadores a serem controlados pela fábrica, bem como o treinamento com os operadores.	- É necessário fazer esta etapa de validação para verificar se tudo o que foi pensado e executado pela equipe é exequível durante todo o processo de <i>setup</i> .

Método de implementação de TRF proposto			
PASSOS	ETAPAS	Estratégia	Parecer Geral
4º - PADRONIZAÇÃO	10ª - Padronizando.	-Após a validação de todos os procedimentos faz-se a padronização dos mesmos e definem-se responsáveis pela manutenção do novo fluxo.	- Esta padronização é feita por meio de procedimentos, pois a padronização da parte técnica do fluxo já foi realizada na 7ª etapa. Esta é uma maneira de identificar se as atividades estão sendo realizadas de acordo com o definido pela equipe de trabalho.
5º - MANUTENÇÃO	11ª - Manutenção da implementação	-Fazer acompanhamento dos indicadores; - Fazer auditorias.	- O acompanhamento dos indicadores deve ser feito de acordo com frequência definida para verificar se os procedimentos estabelecidos pela equipe estão sendo executados; - As auditorias também devem ser feitas para suportar estas mudanças.

4. ESTUDO DE CASO

Neste capítulo será apresentado um estudo de caso, o qual teve como objetivo fazer a validação do método proposto no capítulo 03.

Este estudo de caso foi realizado em uma empresa fabricante de autopeças, na área da usinagem.

A divisão automotiva da empresa é formada por uma área de fundição e por uma área de usinagem e pintura, que produz soluções no suprimento de componentes e conjuntos automotivos, sendo referência mundial em fundição de ferro fundido cinzento e nodular, usinagem, pintura e montagem de peças e atende aos mais exigentes padrões de qualidade do mundo, sendo, inclusive, homologada como Fornecedora Global por seus clientes.

4.1. HISTÓRICO DA EMPRESA

A empresa foi fundada em 1963 como uma pequena fundição, contando com apenas 26 funcionários e produzindo sua própria linha de produtos. As peças do setor automotivo começaram a ser produzidas em 1979 e em 1982, foram fabricados os primeiros cubos raiados, já em linha de produção normal. O serviço de usinagem começou a ser oferecido em 1993 e visando à competitividade, a empresa começa a oferecer serviços de pintura a partir do ano 2000.

O mercado automotivo externo começou a ser atendido em 2001 e hoje a empresa está presente no mercado automotivo de maneira forte e competitiva, capaz de oferecer peças brutas e usinadas para ônibus, caminhões, tratores e outros segmentos.

Exemplo de linha de produtos: suportes em geral, carcaças de eixo, transmissão e diferencial, tampas e suportes de motor, componentes de freio, cubos de roda, conforme mostrados na figura 05 a seguir.

Figura 05 – Exemplos de algumas peças produzidas pela empresa



Fonte: Empresa (2012)

A empresa tem certificação ISO 9001:2000, ISO TS 16949:2002 e ISO 14001:2004.

Na usinagem, são mais de 500 variedades de peças produzidas em 143 equipamentos de usinagem, sendo 40 tornos deste total (vertical e horizontal).

A empresa ainda está passando por uma fase de transformação em sua gestão da produção, intitulada Sistema de Produção (SPS), buscando implantar ferramentas do *Lean Manufacturing*. Esta mudança começou em 2006, na área de usinagem e em 2010 na fundição.

Para ter um melhor entendimento do ambiente no qual o trabalho foi aplicado, será apresentado de uma forma sucinta o processo de torneamento e, na sequência, será apresentado o estudo de caso com a implementação do método de TRF proposto.

4.2. PROCESSO DE TORNEAMENTO

De acordo com Souza (2011), o processo de torneamento é um processo mecânico de usinagem com geração de cavaco, no qual a peça é fixada na placa do torno e girada a certa rotação em torno do eixo principal da máquina e uma ferramenta alojada na porta-ferramentas é deslocada simultaneamente em uma trajetória coplanar ao eixo, a um avanço constante, resultando na retirada de uma camada de material da peça bruta, formando um cilindro, cone, rosca ou uma superfície de perfil mais complexo.

Segundo o mesmo autor, a classificação de um torno pode ser feita de várias formas, considerando tipo e grau de automatização, controle ou comando de máquina, entre outros. Porém, o controle ou comando da máquina é o mais utilizado, dividindo-os em duas categorias: tornos convencionais (universal, revólver, vertical, copiador

e automático) e com comando numérico. A tabela 03 mostra as principais características entre os tornos citados.

Tabela 03 – Características básicas de máquinas-ferramentas para torneamento

Tipo de Torno	Utilização	Dependência do Operador	Grau de Automação	Velocidades e Avanços	Tamanho do Lote
Universal	Oficinas e ferramentarias	Alta	Baixo	Baixos	Pequeno
Revólver	Produção	Alta	Médio (mecânica)	Baixos	Pequeno a médio
Vertical	Produção (peças muito grandes)	Alta	Alto (mecânica e/ou eletrônica)	Baixos a médios	Pequeno a médio
Copiador	Produção	Alta	Alto (mecânica e/ou eletrônica)	Baixos	Pequeno a médio
Semi-automático	Produção	Baixa	Alto (mecânica)	Médios	Grande
Automático	Produção	Baixa	Alto (eletrônica)	Altos	Médio a grande
CNC	Produção	Baixa	Alto (eletrônica)	Altos	Pequeno a médio
Ultraprecisão	Peças especiais e/ou exclusivas	Baixa	Alto (eletrônica)	Muito baixos	Pequeno a médio
Especial	Requisitos específicos	Depende do grau de automação	Exclusiva	Depende do tipo de peça	Pequeno a grande

No estudo de caso desta dissertação, o trabalho ocorreu em dois tornos verticais CNC, os quais segundo características de máquina-ferramenta têm baixa dependência do operador, sendo alto o grau de automação. O sistema de fixação das peças no torno consiste em uma placa universal de 3 castanhas independentes, conforme mostrado na figura 06, a qual mostra também um exemplo de ferramentas utilizadas, as quais chegam a pesar até 23 kg. A quantidade de ferramentas na torre varia de acordo com da peça que é usinada.

Figura 06 – Sistema de fixação de peças no torno e exemplo de duas ferramentas utilizadas



Fonte: empresa (2012)

4.3. FASES DE IMPLEMENTAÇÃO DO MÉTODO PROPOSTO

Conforme exposto no capítulo 03, o método proposto de implementação da TRF consiste em 11 etapas, conforme serão mostradas na sequência, as quais serão apresentadas com base em um estudo de caso, aplicado em um torno vertical CNC.

4.3.1. Planejamento

4.3.1.1. Aprovação do Projeto pela Alta Gestão

Conforme abordado no método proposto, o apoio da alta administração é essencial para o início e sustentação do projeto. Além do apoio, a alta gestão tem de ter noção da ferramenta a ser utilizada, para acompanhar o andamento do projeto.

No estudo de caso realizado, o projeto da TRF foi um desafio lançado pela diretoria industrial e pela gerência da área da usinagem, como uma forma de melhorar os indicadores produtivos, como por exemplo, o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) e tempo de parada de máquina.

A alta gestão estava alinhada com a metodologia TRF, possibilitando um melhor acompanhamento da equipe durante a execução do projeto.

4.3.1.2. Definição de um Líder do Projeto e de uma Equipe Multifuncional

Nesta etapa de definição da equipe, a gerência e o responsável do SPS formaram uma equipe multifuncional com 09 pessoas chave do processo, ou seja, com poderes de decisão, as quais estavam diretamente ligadas ao processo de *setup*, conforme mostrado na tabela 04. O líder escolhido para coordenar a equipe foi o supervisor da área de gerenciamento de ferramentas e ferramentaria.

Conforme proposto no método do capítulo 03, a equipe escolhida foi uma equipe técnica e multifuncional, com pessoas da engenharia de produto, apoiada por um representante da área de SPS da empresa, que era uma pessoa que dominava a ferramenta de TRF, direcionando a equipe na aplicação da ferramenta, bem como buscando atender ao método proposto.

Tabela 04 – Equipe do projeto

ÁREAS	RESPONSABILIDADES (<i>SETUP</i>)
PCP	Fazer a programação dos <i>setups</i> , bem como o balanceamento das máquinas
Qualidade e Controle Dimensional	Medir as peças de <i>setup</i> e disponibilizar os instrumentos de medição
Gerenciamento de Ferramenta	Disponibilizar as ferramentas e dispositivos para a máquina
Engenharia	Apoio para a fábrica/desenvolvimento de novos processos
Processos	Apoio para a fábrica
Gestão (Supervisão)	Apoio para a fábrica e para o projeto
Ferramentaria	Apoio para a fábrica e para o projeto
SPS	Apoio na metodologia de TRF

Fonte: empresa (2012)

Nesta fase de formação da equipe não teve a participação dos operadores, pois a célula do projeto piloto não havia sido definida ainda.

4.3.1.3. Treinamento da Equipe

Para que o conceito estivesse alinhado entre a equipe foi providenciado um treinamento ministrado pela equipe do SPS e não por uma consultoria externa, que teve como objetivo abordar o método proposto no capítulo 03, para que todos tivessem entendimento dos passos do projeto, bem como foi exposto o conceito da metodologia, de uma forma clara e objetiva. Este treinamento foi realizado internamente, pois todos os integrantes da equipe já haviam participado de trabalhos de TRF na usinagem, quando os mesmos foram aplicados nos centros de usinagem. Outro fator que contribuiu para esta decisão de realizar o treinamento com uma equipe interna foi a experiência dos envolvidos neste projeto, pois de acordo com Gilmore e Smith (1996 *apud* MEIRELLES, 2004, p.41), o conhecimento dos processos e dos

produtos pode definir o sucesso da implantação, o qual deve definir claramente os recursos a serem utilizados para o treinamento das equipes, buscando a conciliação entre o conhecimento tácito e explícito do processo.

Não estava no método de TRF proposto, mas alguns participantes da equipe realizaram visita de *benchmark* em uma empresa do mesmo ramo, que estava adotando a metodologia TRF em centros de usinagem, com o objetivo de visualizar as oportunidades de boas práticas que poderiam ser aplicadas neste projeto.

4.3.1.4. Escolha do Processo e Definição das Metas

Seguindo os passos do método proposto no capítulo 03, a escolha do processo piloto foi realizada baseada nos indicadores de parada de máquina, que foi um dos colocados para melhoria pela alta direção no início do projeto.

Para isto foi montado um planejamento e o sequenciamento das operações por meio da metodologia Lean A3. Os detalhes deste planejamento estão disponíveis no anexo 01, elaborado para conhecimento da situação da usinagem como um todo e definição da célula piloto para aplicação da metodologia TRF. Para alimentar as informações do A3 fez-se um levantamento utilizando dados do banco de dados dos indicadores da empresa, dos tempos e motivos de parada na usinagem considerando o período de um ano, período considerado março/2011 – março/2012. De acordo com o histórico de tempos de paradas na usinagem, o tempo de parada atribuído a *setup* correspondia a mais ou menos 13% do total de todas as paradas. Este percentual, em horas, correspondia ao valor médio de aproximadamente 1200 horas de parada no mês, considerando todas as máquinas de usinagem. Focando em turnos, as máquinas que mais contribuíram para este número foram os turnos TO110 e TO111, com 91,5 horas de parada/mês, sendo 50,4h do turno TO110 e 41,1h do turno TO111, conforme gráfico 01.

Gráfico 01 – Máquinas com maior tempo de parada.



Fonte: Empresa (2012)

Com estes números o tempo de indisponibilidade de máquina era de 2,5%/mês e a meta estabelecida pela alta gestão, visando à redução das horas de *setup* foi de 1,6%/mês, o que correspondia baixar o número de horas paradas de 1200h/mês para uma média de 910h/mês, gerando com isto uma redução de 36% do indicador. Olhando o indicador de parada de todas as máquinas de usinagem globalmente, as reduções do tempo de parada de máquina correspondente a todos os motivos de parada resultariam em uma média de 10.000 peças produzidas a mais mensalmente. Traduzindo estes números para esta célula, a média do número de *setups* por mês variava entre 06 e 07, o que levava a uma estimativa de duração de tempo de *setup*, considerando 91,5h de parada, de 13h a 15,5h. A meta estabelecida inicialmente para a equipe foi de reduzir o tempo de *setup* para 4h, ou seja, uma redução de 70% a 75% do tempo de parada.

4.3.2. Execução

4.3.2.1. Conhecendo o Método Existente

Para compreender melhor o processo externo, antes de mostrar o acompanhamento realizado do processo de *setup* dos tornos será descrito na sequência a família de peças que fizeram parte deste estudo, o gerenciamento das ferramentas e a organização das máquinas.

Nesta célula eram usinadas dois tipos de peças, as quais estavam divididas em duas famílias, sendo elas duas polias (família Polias) e duas carcaças (família Carcaças), conforme ilustrado na figura 07.

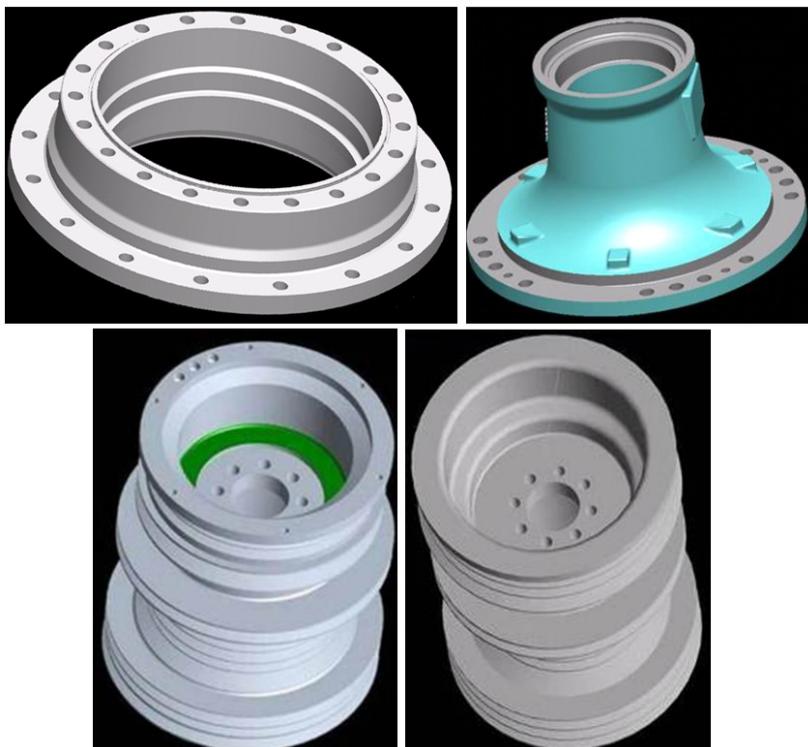
Os dois tornos escolhidos ficavam na mesma célula, um ao lado do outro, de acordo com a sequência de usinagem das peças. A peça iniciava a usinagem pelo torno TO110 e após era colocada no TO111 para finalizar a operação de usinagem, ou seja, um complementava a operação realizada pelo outro.

Cada um destes tornos é composto por uma torre, que comporta uma quantidade de até 12 ferramentas. Na usinagem da peça 27.11 são utilizadas 3 ferramentas no torno TO110 e 4 ferramentas para o torno TO111. No caso da peça 311.57, são utilizadas 5 ferramentas no torno TO110 e 6 ferramentas no torno TO111.

O armazenamento de todas estas ferramentas era feito em uma área de gerenciamento de ferramentas, que eram enviadas à máquina quando da necessidade de *setup*, por meio de solicitação, via formulário, feita manualmente pelo operador e entregue nas áreas de apoio, de acordo com a necessidade de *setup* indicada no quadro *Heijunka*. O operador era responsável por levar os pedidos até as áreas de apoio e depois de duas horas passava nas áreas para fazer a coleta dos recursos e então iniciava o *setup* de máquina.

Considerando os instrumentos de medição utilizados para medir as peças na máquina, são utilizados 7 instrumentos de medição para a peça 27.11 e 6 instrumentos de medição para a peça 311.57.

Figura 07 – Carcaças: 27.10, 27.11 e Polias: 311.51/57



Fonte: empresa (2012)

Seguindo os passos do método proposto, para conhecer o método de *setup* existente é essencial a utilização de filmagens, que é uma das técnicas indicadas por Shingo para conhecer o processo de *setup*, escolha esta feita com o intuito de fazer o levantamento dos elementos de trabalho de uma maneira mais precisa, além de uma pessoa para fazer as anotações considerando as atividades paralelas durante o *setup*, as quais não seriam possíveis visualizar por meio da filmagem, como por exemplo, abastecimento dos recursos. Nesta fase do projeto houve o envolvimento do operador para participar da equipe do projeto TRF, uma vez que a célula já havia sido definida, sendo o mesmo escolhido para fazer o *setup*. Antes disso, o operador recebeu treinamento sobre os conceitos da metodologia TRF, bem como do método proposto de implementação da TRF e foi orientado a fazer as atividades do *setup*

normalmente, sem nenhuma alteração, para que a realidade do *setup* pudesse ser filmada e analisada pela equipe.

Desta forma, participaram deste processo inicial 05 pessoas da equipe, 03 para fazer a filmagem, 01 pessoa para fazer as anotações das atividades paralelas e 01 operador que realizou o *setup*.

A equipe multifuncional optou por fazer o estudo filmando o *setup* entre peças que não pertenciam à mesma família, pois este tipo de processo tem um tempo de *setup* maior do que peças que pertenciam à mesma família. Assim, a situação escolhida foi um *setup* da carcaça 27.11 para polia 311.57. Este primeiro acompanhamento foi filmado uma vez, pois considerando o tempo dos históricos de *setups*, o tempo da filmagem correspondia ao tempo de paradas por *setup* dos indicadores que eram controlados pela gestão.

4.3.2.2. Separando os *Setups* Internos e Externos

De posse da filmagem, a equipe assistiu à gravação, identificou e anotou todos os elementos de trabalho com os respectivos tempos, cujo resultado pode ser visto no anexo 02, sendo o tempo total de *setup* de 13,50 horas. Os tempos de cada máquina ficaram divididos da seguinte forma:

- TO110
 - Tempo de *setup* interno – 09,51 h
 - Tempo de *setup* externo – 3,99 h
- TO111
 - Tempo de *setup* interno – 09,50h
 - Tempo de *setup* externo – 3,88h

Conforme método proposto, a autora sugeriu fazer a divisão dos elementos de trabalho e da equipe por categorias de elementos, para facilitar a análise crítica dos resultados e o trabalho da equipe, de acordo com o conhecimento técnico dos integrantes. Assim, a equipe dividiu os elementos de trabalho em cinco categorias: tempo de ajuste, tempo dimensional, tempo de atividades externas, tempo de preparação e tempo de usinagem. A definição de cada um destes tempos é:

- Tempo de ajuste – tempo no qual o operador fez os ajustes de castanhas e ferramentas durante o início da usinagem da peça, para não causar a colisão de máquina e para que a peça fosse usinada com dimensional conforme especificação, não tendo cotas reprovadas quando a mesma fosse levada para o controle dimensional;

- Tempo dimensional/de medição – tempo no qual o operador mediu a peça após a usinagem e tempo no qual a peça foi medida pelo controle dimensional para aprovação do *setup*. Os tempos dimensionais considerando o controle dimensional podem ser vistos na tabela 05, os quais foram obtidos do banco de dados do controle dimensional. Para informação, na tabela 05, a operação 20 representou a operação realizada pelo torno TO110 e a operação 30 representou a operação realizada pelo torno TO111.

Tabela 05 – Tempos de medição no controle dimensional

Item	Operação	Tempo (m)	Tempo Total (m)
27.10-U	20 - 30	14' - 10'	24'
27.11-U	20 - 30	24' - 13'	37'
311.51-U	20 - 30	25' - 9'	34'
311.57-U	20 - 30	24' - 9'	33'

Fonte: empresa (2012)

Não está incluso neste tempo o tempo de espera da peça para ser medida, pois o mesmo podia variar de acordo com o volume de peças de *setup* com máquina parada aguardando. Assim, na tabela 06, de tempos totais, os tempos dimensionais foram separados por tempo dimensional na célula e tempo dimensional no controle dimensional.

- Tempo de atividades externas – tempo no qual o operador realizou atividades externas ao *setup*, como: fazer o pedido dos recursos, buscar instrumentos de medição, ferramentas, entre outras;

- Tempo de preparação – tempo no qual o operador fez a troca das ferramentas e troca de dispositivo. Este tempo diz respeito ao *setup* interno.

- Tempo de usinagem – este tempo foi relacionado ao tempo para usinar as peças de acordo com o desenho do cliente (leia-se, na tabela 06, TU como tempo de usinagem, TTU como tempo total de usinagem e op. como operação). Neste caso, não foram tomadas ações diretamente no tempo de usinagem, pois o ganho seria insignificante. Porém, a equipe fez o levantamento destes tempos, por máquina, conforme pode ser evidenciado na tabela 06, pois os tempos de usinagem podiam influenciar no tempo total do *setup*, principalmente se uma peça não

fosse aprovada na primeira vez que fosse enviada ao controle dimensional.

Tabela 06 – Tempos de usinagem das peças, por máquina.

Item	Op.	Máquina	TU (m/pc)	Op.	Máquina	TU (m/pc)	TTU (m/pc)
27.10-U	20	TO0110	19,1	30	TO0111	16,8	35,9
27.11-U	20	TO0110	14,7	30	TO0111	15,4	30,1
311.51-U	20	TO0110	40,5	30	TO0111	32,2	72,7
311.57-U	20	TO0110	42,5	30	TO0111	35,6	78,1
Tempo Médio Usinagem			29,2			25,0	54,2

Fonte: empresa (2012)

Com os dados retirados da planilha de elementos de trabalho foi possível montar a tabela 07, mostrando quais os tempos totais de cada uma destas categorias.

Tabela 07 – Tempo totais de *setup* divididos por categorias.

Tempos	Total (h)	% Tempo total
Tempo dimensional - controle	5,00	37%
Tempo de ajuste	4,59	34%
Tempo de preparação	1,72	13%
Tempo de usinagem	1,30	10%
Tempo de atividades externas	0,59	4%
Tempo dimensional - célula	0,30	2%
Tempo Total	13,50	100%

Fonte: empresa (2012)

4.3.2.3. Convertendo o *Setup* Interno em Externo

Cada equipe, de acordo com a categoria, montou um plano de ação, visando a converter o *setup* interno em externo, bem como diminuir os tempos das categorias. Para conseguir concluir esta etapa do trabalho, as equipes se reuniram individualmente durante uma semana e um plano de ação foi montado, o qual foi apresentado ao final da semana para todo o grupo, a fim de que todos tivessem conhecimento destas ações e pudessem fazer o acompanhamento das mesmas, sugerindo outras ações que pudessem ajudar a diminuir o tempo dos elementos de trabalho de outras categorias. Estes planos de ação são apresentados a seguir, os quais terão suas ações principais destacadas.

– **TEMPO DE ATIVIDADES EXTERNAS** – Após a análise dos elementos de trabalho relacionados às atividades externas, a equipe montou o plano de ação listado na tabela 08.

Tabela 08 – Plano de ação considerando os tempos das atividades externas

 Plano de Ação - Equipe TRF						
Nº	Ação	Quem	Quando	Onde	Como	Porque
1	Implantar trabalho de organização da área. - Treinamento.	Rodrigo	9/mai	Safira	Com a participação e patrocínio da gestão/Áreas de apoio.	Para iniciarmos um processo de padronização das células(Piloto).
2	Confeccionar quadro sombra para disponibilizar as ferramentas de <i>setup</i> .	Rodrigo	9/mai	TO 110-111	Através de solicitação a caldeiraria (SPS).	Procedimento interno SPS.
3	Confeccionar as caixas para guardar castanhas.	Rodrigo	14/mai	TO 110-111	Dimensionar caixas para guarda de castanhas.	Para padronizar atividades de TRF na máquina.
4	Instalar porta pallets para colocar as caixas das castanhas.	Sérgio	9/mai	TO 110-111	Solicitação a caldeiraria (SPS).	Para atender as necessidades do TRF.
5	Treinar os operadores a respeito da metodologia TRF.	Sérgio	21/mai	Safira	Com a participação e patrocínio da gestão.	Obter iniciativa e atitude dos participantes.
6	Fazer o abastecimento das castanhas na célula.	Sérgio	21/mai	TO 110 - 111	Realizando a entrega do material solicitado.	Redução de tempo do setup interno.
7	Confeccionar carrinho de transporte de ferramentas	João	26/jun	Presset	Realizado a confecção do carrinho de transporte.	Redução do tempo de setup externo.
8	Implantar do quadro de gestão visual.	João	26/jun	TO 110 - 111	Compra do quadro de gestão visual conforme padrão existente.	Para acompanhar indicadores.
9	Finalizar as identificações do porta pallets e caixas de	João	19/jun	TO 110 - 111	Identificando os locais de guarda.	Facilitar a identificação nas movimentações.
10	Definir fluxo de movimentação de recursos (Entradas e saídas).	João	26/jun	TO 110 - 111	Demarcando os locais de movimentação.	Facilitar os fluxos de movimentação.

Fonte: empresa (2012)

Para diminuir o tempo das atividades externas foram tomadas ações no abastecimento dos recursos na máquina, como ferramentas, dispositivos, instrumentos de medição e documentos da peça, os quais passaram a ser realizados por meio da rota, na qual um operador, chamado de operador TRF, passa pelas máquinas em horários marcados, recolhendo os pedidos de recursos para *setup* e encaminhando estes pedidos para as áreas realizarem a preparação destes recursos, os quais são trazidos para a máquina após estarem prontos, pelo mesmo operador da rota.

Foram tomadas ações de 5S na célula para que os operadores pudessem ter todas as ferramentas necessárias de auxílio ao *setup* disponíveis e em local definido, evitando que o operador tivesse de buscá-las durante o *setup*. Foi disponibilizado um quadro de gestão à vista, para colocar os novos indicadores para a célula, bem como os procedimentos e leiaute de entradas e saídas dos recursos da célula. (Figura 08 e figura 09).

Figura 08 – Situação Antes - Ferramentas de *setup* e falta de informações no quadro gestão à vista



Fonte: empresa (2012)

Figura 09 – Situação Depois - Quadro sombra e quadro de gestão visual



Fonte: empresa (2012)

Antes da implementação do projeto, as castanhas não tinham local determinado para serem colocadas. Assim, foi disponibilizado um local centralizado para instalar um porta-pallets, no qual foram colocadas as castanhas armazenadas em caixas, com o intuito de facilitar a localização das castanhas pelo operador da rota, conforme figura 10. No anexo 03 pode-se visualizar em um leiaute a localização dos porta-pallets, bem como o fluxo das castanhas/dispositivos TRF.

Figura 10 – Porta-pallet, caixa para armazenamento das castanhas e carrinho da rota para transporte das ferramentas.

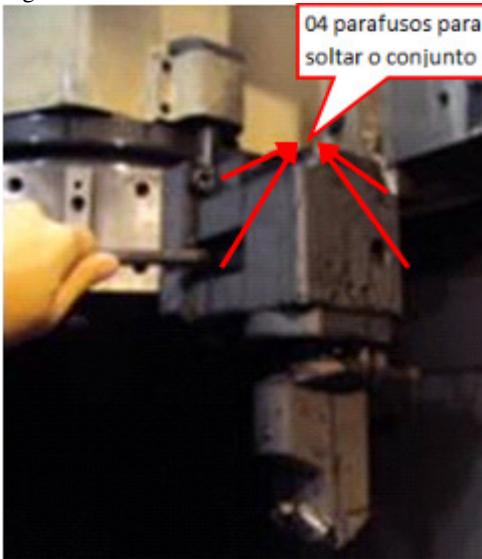


Fonte: empresa (2012)

– **TEMPO DE ATIVIDADES DE PREPARAÇÃO** – as ações definidas pela equipe considerando as atividades de preparação estão listadas na tabela 09. Vale destacar nesta etapa o trabalho realizado para diminuir os tempos de *setup* internos, com a substituição do sistema de fixação utilizado anteriormente para o suporte de fixação de engate rápido.

Conforme já mencionado, um conjunto formado pelo sistema de fixação e por uma ferramenta chegavam a pesar 23 kg e, para fazer a troca o operador, tinha de desparafusar quatro parafusos para soltar todo o conjunto, fazer a limpeza da oxidação da torre e colocar outro conjunto de ferramentas, fixando-o novamente por meio dos quatro parafusos, conforme ilustrado na figura 11. No novo sistema, como o suporte para a ferramenta já ficava fixo na torre, somente com $\frac{1}{4}$ de volta em um parafuso lateral, o operador soltou a ferramenta da peça anterior ao *setup* e com somente $\frac{1}{4}$ de volta o operador fixou a ferramenta da peça que estava entrando em máquina, figura 12.

Figura 11 – Ferramenta anterior



Fonte: empresa (2012)

Figura 12 – Ferramenta de engate rápido (situação atual)



Fonte: empresa (2012)

Com a implementação deste novo sistema, foi disponibilizado procedimento de troca de castanhas e troca de ferramentas utilizando o suporte de fixação de engate rápido, para que todos os operadores executassem estas atividades de forma padronizada. Todas as porcas T das castanhas foram padronizadas, para facilitar a manutenção e troca

das mesmas, bem como foi solicitada a padronização das porcas T e das castanhas durante o desenvolvimento de novas peças.

Tabela 09 – Plano de ação considerando os tempos de preparação

 Plano de Ação - Equipe TRF						
Nº	Ação	Quem	Quando	Onde	Como	Porque
1	Padronizar suporte de fixação de engate rápido.	Evandro	14/mai	TO 110-111	Disponibilizando nas máquinas estes suportes fixos de troca rápida.	A fim de reduzir o tempo se setup.
2	Disponibilizar porcas T faltantes para as castanhas dos tornos.	Luciano	14/mai	TO 110-111	Analisando necessidade conforme castanhas e peças.	Obter padrão para TRF.
3	Fazer manutenção das roscas da torre dos tornos TO 110 - 111 (Porta ferramentas).	Lucas	14/mai	TO 110-111	Realizando a manutenção necessária na torre dos tornos.	Garantir a utilização de todos os dispositivos de ferramenta nos tornos.
4	Padronizar castanhas e porcas na engenharia de desenvolvimento.	Vinicius	15/mai	Engenharia	Analisar situação atual dos novos desenvolvimentos para padronização.	Definição de procedimento padrão.
5	Orçar e disponibilizar torquímetro para aperto das castanhas	Vinicius	27/jul	TO 110-112	Solicitando orçamento a fornecedores.	Para realizar solicitação de recursos.
6	Fazer e disponibilizar procedimento de como trocar ferramentas de engate rápido no Torno	Mauro	21/mai	TO 110 - 111	Analisar situação atual para padronização	Definição de procedimento padrão.
7	Fazer e disponibilizar procedimento de como trocar castanhas no torno	Mauro	21/mai	TO 110 - 111	Analisar situação atual para padronização	Definição de procedimento padrão.

Fonte: empresa (2012)

– **TEMPO DE ATIVIDADES DE AJUSTE** – As ações definidas pela equipe diretamente para minimizar os tempos de ajuste estão listadas na tabela 10. As ações principais foram a de identificação das castanhas de acordo com a peça e de acordo com a posição que a

castanha era colocada no torno. Esta ação, além de facilitar a identificação da castanha de acordo com a peça pelo operador de TRF, visou eliminar o retrabalho das castanhas quando da necessidade de um ajuste de fixação da peça, pois a castanha será colocada sempre na mesma sequência na placa, conforme figura 13. Além desta ação, a equipe tomou ações de padronização dos programas das peças, limitando a faixa de ajuste das peças no programa e padronizando o G54, de cada peça, que é o comando que se aplica ao deslocamento de origem da peça, considerando o zero máquina.

Figura 13 – Identificação das castanhas de acordo com a peça e de acordo com a posição na placa.



Fonte: empresa (2012)

Tabela 10 – Plano de ação considerando tempos de ajuste

 Plano de Ação - Equipe TRF						
Nº	Ação	Quem	Quando	Onde	Como	Porque
1	Identificar castanhas.	Mauro	14/mai	TO 110-111	Gravar sequência para padronizar	Padronizar as atividades do TRF.
2	Verificar ações para diminuir o tempo de ajuste	Vinicius	21/mai	TO 110-111	Acompanhando um setup e verificando o programa de cada peça.	Para diminuir o tempo de ajuste da peça
3	Comprar máquina para fazer o preset das ferramentas de torno na área de preset	Rodrigo	dez/12	Preset	Solicitando orçamento e aprovação da diretoria para compra da máquina	Para diminuir o tempo de ajuste da ferramenta na máquina.

Fonte: empresa (2012)

– **TEMPO DE ATIVIDADES DIMENSIONAIS** – o plano de ação montado para trabalhar com os tempos dimensionais está evidenciado na tabela 11. Os tempos dimensionais foram divididos em duas categorias: tempo de medição da peça na máquina e tempo de medição da peça no controle dimensional. Para o tempo de medição da peça pelo operador na máquina, não houve ação da equipe, pois o operador tinha uma lista de cotas que faz parte da aprovação da peça, o qual ele deveria medir na frequência estabelecida do documento. Considerando os tempos dimensionais, os mesmos foram analisados em duas divisões: tempo efetivo de medição das peças no controle dimensional e tempo de espera da peça para medição no controle dimensional. Com relação ao tempo de medição das peças no controle dimensional, tempo este já evidenciado na tabela 04, não teve como diminuí-lo, pois as medições eram requisitos de cliente e de qualidade da empresa. A equipe acompanhou os tempos de espera por um período de tempo, durante o qual foi feita uma amostragem destes tempos, resultando em um tempo médio de espera de 30 minutos e verificou que o mesmo dependia diretamente da quantidade de peças oriundas de *setup* aguardando serem medidas para a produção ser liberada. Diante disto, a equipe optou por desenvolver um dispositivo de controle de medição para fazer a liberação das peças na máquina, eliminando o tempo de espera da peça no controle dimensional.

Tabela 11 – Plano de ação considerando tempo dimensional

 Plano de Ação - Equipe TRF						
Nº	Ação	Quem	Quando	Onde	Como	Porque
1	Avaliar os tempos de medição nas peças 311.51 e 57 - 27.10 /11 e 12	Mauro	10/mai	Dimensional	Acompanhamento do processo de medição junto ao tridimensional.	Para analisar e justificar investimentos se necessários.
2	Analisar tempos de espera de dimensional das peças 311.51 e 57 / 27.10 /11 e12	Lucas	15/mai	TO 110-111	Acompanhamento do tempo de espera em todo o processo de medição junto ao dimensional.	Para analisar e justificar investimentos se necessários.
3	Desenvolver e comprar dois dispositivos de medição.	Evandro	26/out	TO 110-111	Desenvolvendo junto a um fornecedor de dispositivos.	Para fazer a liberação da peça na máquina.
4	Fazer gerenciamento das peças TRF em espera para medição.	Mauro	01/jul	Dimensional	Fazer o gerenciamento das peças TRF pelo terminal.	Para diminuir o tempo de espera para medição das peças.

Fonte: empresa (2012)

Porém, no decorrer do projeto não foi possível confeccionar o dispositivo para medir estas peças na máquina, pois existiam cotas que não seriam possíveis medir fora de uma máquina de medir por coordenadas. Assim, a equipe optou por trabalhar a gestão da informação, para diminuir o tempo de espera da peça no controle dimensional. Esta etapa está descrita a seguir.

– TRABALHANDO A GESTÃO DA INFORMAÇÃO

O método proposto de implementação da TRF traz no 2º passo uma sugestão de trabalho relacionado à gestão da informação entre as áreas relacionadas ao *setup*. Assim, baseado nisso, a equipe estudou a possibilidade de melhorar a comunicação considerando os pontos vulneráveis do processo, os quais foram definidos como a rota e o fluxo para medição das peças no controle dimensional.

Considerando a rota, a equipe definiu como pontos vulneráveis:

a) Falta de flexibilidade nos horários das solicitações de peças – a solicitação de *setup* ocorria a cada duas horas. Assim, se dentro destas duas horas o operador precisasse realizar um *setup*, o mesmo teria de esperar até a próxima rota para fazer a solicitação de material, aguardando mais duas horas para receber os recursos, atrasando todo o início do *setup*;

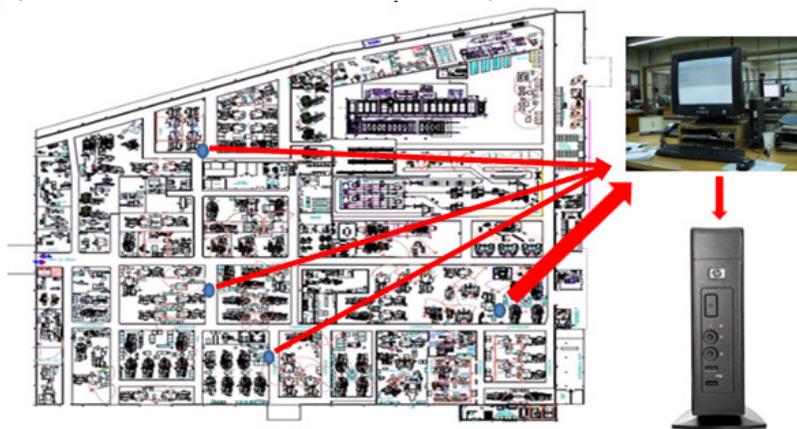
b) Desperdício do tempo do operador TRF – o tempo que o operador passava recolhendo os pedidos de recursos podia estar sendo utilizado para fazer a preparação dos dispositivos;

c) Dificuldades no controle dos indicadores, por ser um controle realizado manualmente;

d) Processo manual de digitação das solicitações de *setup* – o processo de compilação dos dados de solicitação de TRF era realizado por uma pessoa, que colocava os dados no sistema, quando era possível, não sendo a informação disponibilizada simultaneamente e não sendo tão precisa.

Assim, foi desenvolvido um projeto de solicitação eletrônica de TRF, com o objetivo de tornar o sistema de gerenciamento de informação mais robusto. O início de solicitação do *setup* que era feito pelo quadro *heijunka* continuou o mesmo, porém no novo sistema, ou seja, ao invés de fazer a solicitação por formulários, a solicitação passaria a ser feita eletronicamente. O sistema contemplaria quatro terminais de coleta de pedidos de TRF, em diferentes pontos da fábrica, conforme figura 14, nos quais os operadores, duas horas antes do *setup*, fariam a solicitação dos recursos por meio destes terminais, sendo a solicitação enviada às áreas fornecedoras eletronicamente.

Figura 14 – Pontos de funcionamento da solicitação eletrônica de TRF



Fonte: empresa (2012)

Quando o operador acessaria o terminal, ele teria acesso à tela, conforme figura 15, na qual ele colocaria as informações necessárias ao

setup manualmente e, imediatamente após salvar o registro, a informação estaria disponível para as áreas de apoio ao *setup*.

Figura 15 – Tela para solicitação de TRF

The image shows a web-based form for requesting TRF (Tool Request Form). The form is overlaid on a background image of a factory. The fields are arranged as follows:

- Código**: A single-line text input field.
- Máquina**: A single-line text input field.
- Data**: A date selection field.
- Hora**: A time selection field.
- Centro de Custo**: A single-line text input field.
- Módulo**: A single-line text input field.
- Código da peça (entrada)**: A single-line text input field.
- Código da peça (saida)**: A single-line text input field.
- Dispositivo/Castanhas**: A single-line text input field.
- Ferramentas**: A single-line text input field.
- FAC**: A single-line text input field.
- Instrum. de Medição**: A single-line text input field.
- Programa de Usinagem**: A single-line text input field.
- Acomp. Técnico**: A single-line text input field.
- Salvar Registro**: A blue button with white text.

Fonte: empresa (2012)

Cada área de apoio teria um painel de visualização onde seria possível visualizar em tempo real as solicitações pendentes e concluídas, as quais preparariam o material para ser enviado à célula, pelo operador TRF.

Os objetivos da solicitação eletrônica foram:

a) flexibilizar as solicitações – o operador poderia fazer a solicitação a qualquer momento, não necessitando aguardar os horários estabelecidos pela rota;

b) aperfeiçoar os trabalhos do Operador de TRF – o operador de TRF teria mais tempo para preparar os dispositivos, podendo atender aos tornos e aos centros de usinagem;

c) eliminar o gasto com formulários de solicitação – este processo de solicitação realizado eletronicamente eliminaria o gasto com formulários;

d) sincronismo entre as áreas – o processo teria o início simultâneo em todas as áreas necessárias;

e) acuracidade das informações – como a atividade de solicitação deixaria de ser manual, os dados para os indicadores seriam mais confiáveis, pois seriam gerenciados eletronicamente;

f) centralização das informações – as informações de *setup* para fins de indicadores estariam em um único banco de dados, não sendo mais necessário que o responsável por compilar as informações percorresse todas as áreas para buscar as informações.

Este projeto foi validado, porém, devido ao alto custo, foi colocado com implementação em médio prazo.

Considerando o gerenciamento do fluxo de peças no controle dimensional, a equipe optou por utilizar um terminal que ficava em frente ao controle dimensional, no qual os operadores entravam com os dados necessários da peça e que avisava imediatamente aos responsáveis por fazer a medição de peças TRF que havia peças esperando para serem dimensionadas, conforme figura 16. Esta ação do terminal no controle dimensional, além de ajudar na ação de reduzir o tempo de espera da peça, contribuiu com a gestão da informação para gerenciamento do indicador de tempo de espera para efetuar a medição. A base de dados era a mesma dos terminais citados anteriormente, o que colaborava com os objetivos de centralização das informações, bem como acuracidade dos dados. A ação foi testada como piloto durante o *setup*, sendo efetivada na sequência dos testes.

Figura 16 – Terminal para gerenciamento das peças de *setup*



Fonte: empresa (2012)

4.3.2.4. Eliminação do *Setup*

A eliminação do *setup* foi analisada pela equipe, conforme mencionado no 2º passo do método de implementação da TRF, porém sem sucesso, devido às ferramentas de usinagem serem diferentes para cada família de peças e devido às características serem diferentes, mesmo entre as peças da mesma família. O que a equipe concluiu foi

que o tempo de *setup* estaria diretamente ligado ao tempo de usinagem das peças, quando a mesma fosse reprovada pela primeira vez e diretamente ligado ao tempo de medição da peça no controle dimensional, pois isto acontece enquanto a máquina ficava parada aguardando a liberação dimensional para iniciar a produção.

4.3.3. Verificação

Nesta etapa, com base nos elementos de trabalho do primeiro *setup* e no plano de ação mostrado, a equipe elaborou um procedimento com os elementos principais do *setup*, conforme mostrado na figura 17, os quais não mudariam de uma peça para a outra, para que o mesmo pudesse ser testado em um novo acompanhamento do *setup*.

Figura 17 – Roteiro de *setup*

POP- Procedimento Operacional Padronizado		Divisão: Usinagem Data: 05/07/2012 Página 1 de 1 Revisão: 00	
Familia: Pollas e Carcaças		Item: 27.10/11 e 311.51/57	Máquina: TO110/111 C.Custo:
Descrição: Roteiro SET-UP			
Item	Elementos de Trabalho	Observações	
01	Solicitar bruto do material – com ficha de solicitação de TRF	Estas atividades devem ser feitas com 2 horas de antecedência, de acordo com o HEIJUNKA.	
02	Solicitar pastas de documentos (FAC) com ficha de solicitação de TRF		
03	Solicitar instrumentos de medição – ficha TRF		
04	Solicitar ferramentas e castanhas – ficha de TRF		
05	Solicitar programa CNC – ficha TRF		
06	Iniciar o setup da peça enquanto a outra máquina estiver finalizando a última peça.		
07	Iniciar a retirada das castanhas.	Conforme procedimento SUS 0496	
08	Iniciar retirada das ferramentas (colocando na bancada)	Conforme procedimento SUS 0496	
09	Colocar castanhas na máquina.	Conforme procedimento SUS 0496	
10	Colocar ferramentas na máquina.	Conforme procedimento SUS 0496	
11	Configurar ferramentas.	Conforme procedimento SUS 0496	
12	Chamar programa da nova peça.		
13	Regular pressão da máquina.	Conforme programa CNC	
14	Colocar a peça no torno para iniciar setup.		
15	Iniciar a operação fazendo ajustes diversos e medições	Conforme procedimento SUS 0496	
16	Retirar peças para operação 2		
17	Iniciar a retirada das castanhas	Conforme procedimento SUS 0496	
18	Iniciar retirada das ferramentas colocando na bancada	Conforme procedimento SUS 0496	
19	Colocar castanhas na máquina	Conforme procedimento SUS 0496	
20	Colocar ferramentas na máquina	Conforme procedimento SUS 0496	
21	Presset de ferramentas	Conforme procedimento SUS 0496	
22	Chamar programa da nova peça		
23	Regular pressão da máquina	Conforme programa CNC	
24	Colocar a peça no torno para iniciar setup		
25	Iniciar a operação fazendo ajustes diversos e medições	Conforme procedimento SUS 0496	
26	Retirar peças para operação 2		
Elaborado por: Equipe TRF		Validado por: Equipe TRF	

Fonte: empresa (2012)

Antes da execução do novo roteiro de *setup*, as ações pertinentes a cada categoria foram implementadas. Com este roteiro padrão, o *setup* da peça 27.11 para a polia 311.57 foi novamente acompanhado e gravado, conforme mostrado no anexo 04 e o novo tempo de *setup* foi de 3,67h, o que representou uma redução de 72,81%. A tabela 12 mostra o percentual de contribuição dos tempos de acordo com cada categoria e a tabela 13 mostra o ganho obtido em comparação com o *setup* anterior.

Tabela 12 – Novo percentual dos tempos

Tempos	Total (h)	% Tempo total
Tempo dimensional - controle	1,00	27%
Tempo de preparação	0,57	16%
Tempo de usinagem	1,30	35%
Tempo de ajuste	0,52	14%
Tempo dimensional - célula	0,14	4%
Tempo de atividades externas	0,14	4%
	3,67	100%

Fonte: empresa (2012)

Tabela 13 – Comparação dos ganhos de tempo

Tempos	Tempo 1º setup	Tempo 2º setup	% Redução do tempo
Tempo dimensional	5,00	1,00	80%
Tempo de preparação	1,72	0,57	67%
Tempo de usinagem	1,30	1,30	0%
Tempo de ajuste	4,59	0,52	89%
Tempo dimensional - célula	0,59	0,14	76%
Tempo de atividades externas	0,3	0,14	53%
	13,50	3,67	

Fonte: empresa (2012)

Analisando os novos tempos, pôde-se verificar que as reduções foram significativas. O tempo dimensional relacionado ao controle dimensional reduziu 80% em comparação com a primeira análise, sendo consequência da implementação do terminal para gerenciamento das

peças de *setup*. No tempo de preparação, pôde-se constatar o ganho real da implementação do sistema de fixação de engate rápido e da padronização das castanhas, resultando em uma redução de 67% do tempo. Estas duas ações contribuíram também para:

- redução do tempo de ajuste do operador em 89% do tempo, pois houve redução das variáveis do processo, uma vez que as castanhas foram colocadas sempre na mesma posição e que a fixação do conjunto não dependeria do operador.

- redução do tempo dimensional da célula, uma vez que o operador faria menos ajustes durante o *setup*, diminuindo também a necessidade de medição das peças durante estes ajustes.

O tempo de atividades externas diminuiu consideravelmente com a terceirização de entrega dos recursos e com o 5S realizado na célula. Fazendo uma análise geral dos ganhos, foram reduzidas uma média de 9,83 h do tempo de *setup*, ou seja, uma redução de 72,8% deste tempo. Considerando que a média de tempo de usinagem das peças é de 1h, e que pode ocorrer no mínimo 6 TRF's por mês, o número médio de peças produzidas a mais no mês seria de 58 peças.

Após as análises dos ganhos obtidos, a equipe decidiu pelos indicadores que seriam colocados na célula. O indicador estabelecido para controle da implementação foi o controle do tempo de *setup*, o qual seria feito por meio de um diário de bordo, anexo 05, no qual o operador preencheria os dados que alimentaria o gráfico a ser controlado e acompanhado pela gestão. O gráfico foi colocado no quadro de gestão visual, para fins de auditoria e para acompanhando da equipe.

O treinamento dos operadores da célula foi programado para que todos pudessem ter conhecimento do novo padrão de *setup*, bem como dos indicadores que fariam parte do processo.

4.3.4. Padronização

Todas as ações foram padronizadas no processo com alteração de documentos já existentes e criação de documentos para homologar os novos processos, como por exemplo, a implementação da rota para tornos. O envolvimento da equipe de engenharia de desenvolvimento e de processo garantiu que todas as peças em desenvolvimento e peças que seriam desenvolvidas fossem aprovadas conforme as padronizações implementadas pela equipe de TRF, principalmente no que dizia respeito ao sistema de fixação de engate rápido. Durante duas semanas ocorreram três *setups* nesta célula, os quais foram acompanhados e o

tempo para *setup* de peças entre famílias diferentes foi validado em 3 horas e 36 minutos, conforme já havia sido verificado pela equipe.

O procedimento validado pela equipe e também pelos operadores dos outros turnos de produção foi disponibilizado, porém, não foram colocados os tempos de cada elemento de trabalho no documento, pois a equipe entendeu que o somatório dos tempos é que deveria ser controlado e que caso este tempo não fosse atendido, o operador teria o diário de bordo para relatar o que ocorreu de errado para impactar no tempo de *setup*.

4.3.5. Manutenção da Implementação da TRF

Seguindo o 5º e último passo do método proposto, com o intuito de manter a implementação do projeto foram planejadas auditorias, que foram desenhadas pela equipe do SPS como uma maneira de verificar a manutenção de todas as ferramentas *Lean Manufacturing* já implementadas nas células da usinagem, ou seja, com relatórios focados em cada ferramenta implementada na célula, como 5S, Heijunka, TRF, entre outros.

As auditorias seriam realizadas tanto na célula/máquina como nas áreas de apoio ao TRF, para verificar se estas áreas estavam atendendo às células conforme definido no projeto de implementação, além de verificar os indicadores que foram estabelecidos durante o projeto.

Toda a gestão das auditorias, principalmente no que diz respeito à efetivação da mesma, foi realizada pela área de SPS, a qual seria responsável por definir o cronograma, definir as pessoas responsáveis por fazer a auditoria, bem como fazer a gestão dos resultados. No anexo 06 pode-se verificar um exemplo do formulário para aplicação das auditorias.

5. CONCLUSÃO

Levando-se em consideração o problema apresentado de grandes tempos de *setup* em tornos verticais CNC, buscou-se na literatura auxílio dos principais autores no tema, como Shingo, Monden e Black para montar um método de implementação de TRF. Porém, estes autores desenvolveram trabalhos de natureza genérica ou aplicados a outros tipos de máquinas, que não a de torneamento vertical. Isto motivou o desenvolvimento deste trabalho, cujo objetivo foi desenvolver um método de implantação de TRF específico para tornos verticais CNC's.

Assim, foi desenvolvido um método composto por 05 passos e 11 etapas, compreendendo: planejamento, execução, verificação, padronização e manutenção.

Na etapa de planejamento envolveu-se a alta direção como apoio ao projeto, foi definido um líder juntamente com uma equipe multifuncional, realizou-se o treinamento da equipe e feita a escolha do processo e definição das metas.

Na etapa da execução foi realizada a filmagem para conhecer o método de *setup* existente. Com base na filmagem separaram-se os *setups* internos dos externos, montou-se um plano de ação para fazer a conversão dos elementos internos em externos, juntamente com a avaliação da eliminação do tempo de *setup* interno e avaliou-se a eliminação do *setup* como um todo. Nesta etapa enfatiza-se a utilização de um sistema de fixação rápida, conhecido no mercado como sistema de fixação de engate rápido.

Na etapa da verificação elaborou-se um procedimento com os elementos principais de trabalho e um novo *setup* foi realizado para fazer a validação das ações e do procedimento.

Na etapa da padronização foram feitos procedimentos para garantir a padronização da sistemática entre todos os operadores de todos os turnos.

Na etapa de manutenção foi estipulado que seriam realizadas auditorias nas ferramentas já implementadas na célula, como 5S, *Heijunka*, TRF, para verificar se as sistemáticas estivessem funcionando e também para sugerir melhorias nas mesmas.

Além da seqüência estabelecida pelo método, contribuíram ainda para o sucesso do trabalho o envolvimento da alta direção no projeto, pois sem a presença e o apoio da alta direção o projeto não seria executado em sua totalidade; o envolvimento do engenheiro de produto

no projeto, tendo como objetivo a padronização das peças que seriam desenvolvidas posteriormente; a implementação do 5S, pois a aplicação da ferramenta, principalmente no que diz respeito à organização da célula, entradas e saídas de recursos e da organização das ferramentas e dispositivos de *setup* contribuiriam muito para o resultado do projeto; o trabalho para melhorar a gestão da informação tanto na questão da comunicação entre as áreas de apoio com o operador, como para a área de controle de peças para medição de *setup*; a aplicação de auditorias como uma ferramenta de manutenção de um processo de melhoria, pois a equipe entendeu que poderia fazer um acompanhamento para verificar se tudo o que foi implementado durante todo o projeto continuou a ser executado da mesma forma. As auditorias serviram também para identificar pontos de melhoria no processo, contribuindo para a melhoria contínua do mesmo.

Em uma visão geral, pelos ganhos obtidos, este projeto serviu de ponto de partida para implementação em outras máquinas da empresa. De acordo com o cronograma apresentado para a alta direção, até o final do ano de 2012 esta metodologia será aplicada em mais 03 tornos e o objetivo inicial da equipe é de fazer a implementação da TRF em pelo menos uma máquina por mês. Ações como 5S, sistemas de fixação, identificação de castanhas e padronização do programa CNC já foram aplicadas para outras máquinas, atendendo a um cronograma de implementação de médio prazo, pois a equipe entendeu (e teve total apoio da direção) que este tipo de ação não necessitaria de um projeto para ser implementado.

Em uma visão geral, a aplicação de todas as melhorias realizadas para se obter a TRF proporcionou a redução do tempo de *setup* na ordem de 72% e o consequente aumento da flexibilidade da produção, pois como o tempo de disponibilidade de máquina aumentou, pôde-se aumentar o *mix* de produção das máquinas.

REFERÊNCIAS

BLACK, J.T. **O projeto da fábrica do futuro**. Porto Alegre, Editora Bookman, 1998.

CONCEIÇÃO, S. V., et al. **Desenvolvimento e implementação de um método de redução de tempo de preparação de máquina em ambientes de manufatura contratada**. XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1996.

Gil, A. C. **Gestão de Pessoas: Enfoque nos papéis profissionais**. São Paulo: Atlas, 2001.

HARMON, R. L.; PETERSON, L. D. **Reinventando a Fábrica**. Conceitos modernos de produtividade aplicados na prática. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1991, 380p.

KANNENBERG, G. **Proposta de Sistemática Para Implantação de Troca Rápida de Ferramentas**. Porto Alegre, 1994. Dissertação de Mestrado em Engenharia da Produção – Programa de Pós Graduação em Engenharia da Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MARCHIORI, P. Z. **A ciência e a gestão da informação: compatibilidades no espaço profissional**. Ci. Inf., Brasília, v. 31, n. 2, p. 72-79, maio/ago. 2002

MEIRELLES, F. M. **Implantação da troca rápida de ferramentas em uma indústria siderúrgica**. Porto Alegre, 2004. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MONDEN, Y. **O Sistema Toyota de Produção**. São Paulo, IMAN, 1984.

MOREIRA, A. C.; PAIS, G. C. S. **Minute Exchange of Dies**. A Case Study Implementation. Journal of Technology Management & Innovation. Received June 24, 2010 /Accepted March 4, 2011 J. Technol. Manag. Innov. 2011, Volume 6, Issue 1

OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção: além da produtividade em larga escala**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

OSADA, T. **Housekeeping, 5S's: seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke**. São Paulo: IMAM, 1992.

PEREIRA, M. A. **Estudo multicaso de práticas de implementação do método SMED**. São Carlos, 2010. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

RUSSOMANO, V. H. **Planejamento e Controle da Produção**. São Paulo: Livraria Pioneira Editora, 1995.

SHINGO, S. **Sistema de produção com estoque zero: o sistema Shingo para melhorias contínuas**. Porto Alegre, Editora Bookman, 1996.

SHINGO, S. **Sistema de troca rápida de ferramenta – uma revolução nos sistemas produtivos**. Porto Alegre, Editora Bookman, 2000.

SILVA, J. M. da. **O ambiente da qualidade na prática – 5S**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996.

SLACK, N. **Vantagem competitiva na manufatura**. São Paulo: Atlas, 1993.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo, Atlas, 2008.

SOUZA, A. J. de. **Processo de fabricação por usinagem: Parte 2.** Porto Alegre, 2011. 113 p. Apostila do curso de Engenharia Mecânica da UFRGS.

TRIETSCH, D. **Some Notes on the Application of Single Minute Exchange of Dies (SMED).** Monterey, California, Naval Postgraduate School, 1992.

WOMACK, J.P.; JONES. D.T.; **A Mentalidade Enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.** 6ª edição. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J.P.; JONES. D.T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo.** 5ª edição. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

ANEXOS

Anexo 01 – A3 Projeto

Projeto: TRF Tornos		Data: 10/07/2012	Revisão:02												
															
<p>1- Objetivos: Sistematizar e integrar áreas de apoio reduzindo tempo de setup total.</p> <p>2- Condição Atual:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Média de 340 setup/mês na Usinagem Automotiva; ➢ Tempo médio de parada de máquina por setup em torno de 1200 horas mensais; ➢ Fluxo de entrada de peças aguardando setup dimensional inadequado; ➢ Medições de setup é feita aleatoriamente; ➢ Falta de integração entre as áreas de apoio ao setup; ➢ A informação chega as áreas através do operador; ➢ Movimentação do operador para solicitar os recursos; ➢ Movimentação do operador para buscar os recursos; ➢ Máquina parada durante o setup externo; ➢ Falta de informações; ➢ Falta de padrão de trabalho. 	<p>3- Condição Alvo:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➢ Média de 340 setup/mês; ➢ Redução de 36% do indicador de indisponibilidade de máquina; ➢ Adequar fluxo de entrada de peças para setup dimensional; ➢ Priorizar medição de setup dimensional; ➢ Integrar as áreas de apoio ao setup; ➢ Eliminar o tempo de perda com relação ao setup externo; ➢ Criar fluxo de informações entre produção e áreas de apoio; ➢ Criar um padrão de trabalho para realização de Setup. <p>4- Plano de Ação:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Definir equipe TRF. SFS e Aldém – Março//12 - Definir célula piloto – tornos. Equipe TRF – Março.2012 - Filmagem setup para conhecer a situação atual. Equipe Lean. Abril.2012 - Apresentação das filmagens de setup das máquinas 110 e 111 (Tornos) – Troca 27-11 para 311-57 tempo de setup. Equipe Lean. – Abril.2012 - Definição dos próximos passos, seguindo a metodologia TRF. Equipe Lean – Jul.12. 														
	<p>5- Métricas</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Máquinas</th> <th>Setup Atual</th> <th>Setup Futuro</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>100110</td> <td style="text-align: center;">56,4</td> <td style="text-align: center;">40,3</td> </tr> <tr> <td>100194</td> <td style="text-align: center;">41,1</td> <td style="text-align: center;">32,8</td> </tr> <tr> <td> soma</td> <td style="text-align: center;">91,5</td> <td style="text-align: center;">73,2</td> </tr> </tbody> </table>			Máquinas	Setup Atual	Setup Futuro	100110	56,4	40,3	100194	41,1	32,8	soma	91,5	73,2
Máquinas	Setup Atual	Setup Futuro													
100110	56,4	40,3													
100194	41,1	32,8													
soma	91,5	73,2													

Anexo 02 – Elementos de trabalho – Diagnóstico Inicial

Elementos de trabalho		Tempo total em s	OBS:
1	Pedido do bruto		
2	Retirada peça da máquina (fixação 2)	6	
3	Colocar peça fixação 1 para fixação 2	37	Passa o ar no dispositivo antes
4	Chamar o programa	11	
5	Passa o ar no dispositivo 1 e retira o dispositivo 1	306	Desparafusar/fazer a limpeza das castanhas
6	Busca carrinho	87	
7	Pega talha para manipular peça da 2ª operação que estava no chão	16	Tira a peça 27.11 (pronta) do chão e coloca no carrinho
8	Mede peça na máquina 2ª operação	40	
9	Retira peça da 2ª operação da máquina e leva as 2 peças para o rack de peças prontas	115	Pega a talha que estava na peça 1
10	Coloca os instrumentos de medição no carrinho e leva para o controle dimensional	207	Ajuda a colocar os dispositivos na bancada no CD/controla limpa o carrinho
11	pega os instrumentos da peça 311.57/vai para célula	33	
12	pára para pegar as ferramentas para troca	29	Procura as ferramentas em uma gaveta cheia de ferramentas "agulha no palheiro"
13	pára na célula do cubo Volvo/pega mais uma ferramenta/vai para a célula	80	
14	Coloca os instrumentos de medição na bancada	28	
15	Limpeza do dispositivo/desparafusa os fixadores	144	Limpa os dispositivos
16	Mexe no programa CNC máquina 1/inicia a retirada das ferramentas	569	Passa o ar
17	Sai para pegar um apoio para retirar as ferramentas	32	Um bloco de madeira para apoiar a ferramenta enquanto ele desparafusa
18	Continua a retirada das ferramentas	94	Mexe no programa
19	Inicia a retirada das castanhas na máquina 2	191	Faz a limpeza com ar
20	Inicia a retirada das ferramentas máquina 2	142	
21	pára para escrever o cartão da TRF	64	
22	Continua a retirada das ferramentas	268	
23	Sai para pegar um caixa com as ferramentas da nova peça	43	
24	pega as ferramentas da caixa para colocar na máquina 1	38	
25	Coloca ferramentas na máquina 1	199	Limpa o dispositivo e a ferramenta/ainda retira alguns parafusos do magazine

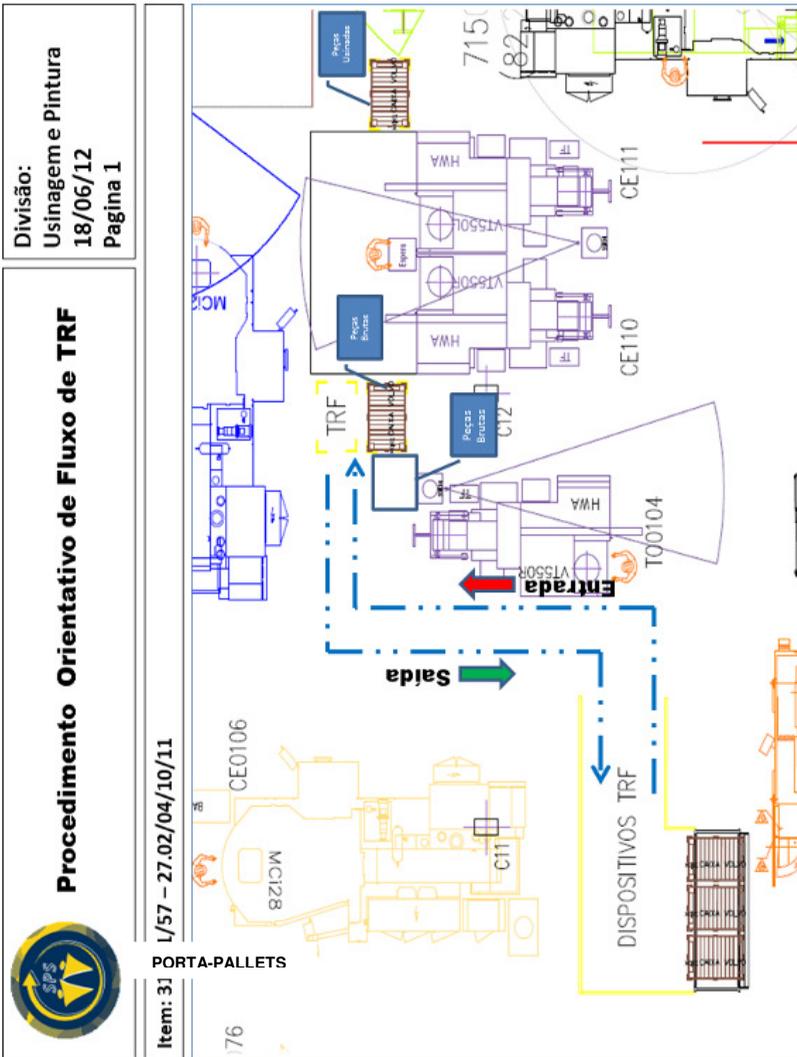
26	Sai para pegar lixa para remover a oxidação do magazine	65	Foi até a célula da 16.69
27	Remove a oxidação/continua colocar as ferramentas na máquina 1	818	Procura ferramentas na caixa/continua limpando a oxidação
28	Busca ferramenta para montar a ferramenta	37	
29	Continua colocar as ferramentas na máquina 1	428	
30	Tira o cavaco do dispositivo da máquina 1/começa o setup das castanhas	269	
31	Inicia a limpeza do magazine da máquina 2/coloca as ferramentas na máquina 2	192	Mexe no programa
32	Sai para pegar um parafuso maior	39	Caixa de ferramentas
33	Continua colocar as ferramentas na máquina 2	586	Faz limpeza para tirar oxidação
34	Sai para pegar mais parafusos	47	
35	Continua colocar as ferramentas na máquina 2	232	Pega parafusos na bancada
36	Sai para devolver o pacote de parafusos e pega mais	38	Coloca o pacote na mesma caixa que pegou os outros parafusos.
37	Continua a retirada das ferramentas na máquina 2	67	
38	Tira o cavaco do dispositivo da máquina 2/começa setup castanhas	323	
39	Faz a limpeza das castanhas colocadas na máquina	99	
40	Abre a embalagem	71	Remove a oxidação e joga óleo
41	Pega os documentos da peça e guarda as ferramentas	16	1:40:19, chega o bruto/abre a embalagem para retirar a peça
42	Inicia a troca dos insertos na máquina 1	85	Guarda as ferramentas auxiliares ao setup
43	Sai para pegar uma chave	37	Procura pelos insertos na bancada
44	Continua colocar os insertos na máquina 1	282	Procura insertos nas caixinhas de inserto
45	Começa a colocar os insertos na máquina 2	437	
46	Coloca os insertos na caixa de insertos	26	
47	Sai para pegar 02 Insertos faltantes no preset	337	
48	Continua troca do inserto na máquina 1	63	
49	Tira a caixa com as castanhas e coloca o carrinho vazio no lugar	27	
50	Sai para procurar o manipulador	84	
51	Vira a peça no estrado/pega a peça e coloca na máquina 1	44	
52	Inicia os ajustes da peça na máquina	197	Mexe no programa, movimentação o magazine.
53	Mexe no programa máquina 2/regula a pressão	164	

54	Volta máquina 1 e regula a pressão	19	
55	Volta ao programa da máquina 1	100	
56	Máquina começa a usinar (manual) a 1ª peça/porta fechada	68	
57	Abre a porta da máquina 1/olha a peça e fecha a porta	30	Verifica a peça, a fixação.
58	Deixa a porta da máquina 1 aberta e vira uma peça no estrado	11	
59	Retira peça da máquina 1	15	
60	Pega peça virada da embalagem e coloca na máquina 1, fecha a porta	29	
61	Verifica programa/joga óleo de corte na peça	20	
62	Faz ajustes na peça/inicia usinagem em manual	70	
63	Abre a porta da máquina 1 e verifica o começo da usinagem	13	Sai para o almoço. 30 minutos de almoço.
64	Operador sai para almoçar	60	
65	Sai para pegar paquímetros em outra máquina	35	Volta almoço
66	Faz a medição do desbaste / ajuste	131	Mexe no programa e faz ajuste para a ferramenta de desbaste interno
67	Fecha a porta e inicia usinagem interna manual	72	
68	Abre a porta (gira a ferramenta na peça)	57	Mexe no programa
69	Fecha a porta	36	Mexe no programa
70	Abre a porta/mede a operação de desbaste interna/gira ferramenta	268	Mexe no programa/mede novamente a peça/faz ajuste
71	Fecha a porta/usina manual	61	Mexe no programa
72	Abre a porta, faz ajustes	37	obs: técnico pega o paquímetro grande /mexe programa
73	Fecha a porta/usina manual	66	Mexe no programa
74	Abre a porta e sai para pegar o paquímetro levado pelo técnico	20	Operador corre
75	Faz a medição da peça	77	Mexe no programa/movimenta a ferramenta
76	Fecha a porta/usina manual	470	
77	Abre a porta e sai para pegar o paquímetro levado pelo técnico	33	
78	Mede a peça/retira a peça da máquina 1 e coloca no pallet	78	
79	Vira a peça usinada no estrado	19	

80	Faz ajustes nas castanhas	364	Remove todas as castanhas e limpa o dispositivo/coloca as castanhas novamente
81	Coloca a peça para usinar a parte de baixo na máquina 1	43	
82	Máquina usina a parte de baixo da peça (usina parte interna)	447	
83	Mede a peça e faz ajustes para passar a ferramenta parte interna	211	Movimenta a ferramenta que faz o desbaste interno no manual
84	Máquina usina a parte de baixo da peça (usina parte interna)	238	Enquanto isto o operador organiza as ferramentas na bancada
85	Faz a medição da peça	72	
86	Máquina usina a parte de baixo da peça (usina parte externa)	742	
87	Operador ajusta a ferramenta para concluir a parte externa	370	Mede a peça
88	Máquina termina a usinagem da segunda parte da peça	369	
89	Operador verifica a peça e a coloca para usinar novamente	39	
90	Máquina usina peça	198	
91	Inserto quebra e o operador faz a troca	42	
92	Máquina usina peça	154	
93	Operador faz a medição das peças	24	
94	Máquina usina peça	406	
95	Operador olha a peça	22	
96	Máquina usina peça	177	
97	Operador sai para procurar paquímetro em outra máquina/mede a peça	95	Máquina fica parada
98	Retira a peça da máquina 1/coloca na bancada/coloca peça na máquina 2	195	Ajusta o programa para começar a usinagem
99	Começa a usinagem na máquina 2	52	
100	Operador verifica a peça e a coloca para usinar novamente	30	
101	Máquina usina a peça	24	
102	Operador faz a medição das peças	64	
103	Máquina usina a peça	43	
104	Operador verifica a peça e a coloca para usinar novamente	40	
105	Máquina usina a peça	23	

106	Operador faz a medição das peças	42	
107	Máquina usina a peça	29	
108	Operador verifica a peça e coloca para usinar novamente	110	
109	Máquina usina a peça	759	
110	Operador joga fluido de corte na peça e faz medições/ajusta as ferramentas	728	Ajusta as ferramentas manualmente
111	Máquina usina a peça	326	
112	Operador faz a medição da peça	49	
113	Máquina usina a peça	487	
114	Operador movimenta as ferramentas	62	
115	Máquina usina a peça	302	
116	Operador movimenta as ferramentas	38	
117	Máquina usina a peça	145	
118	Operador movimenta as ferramentas	39	
119	Máquina usina a peça	203	
120	Operador faz a medição da peça/movimenta as ferramentas	112	
121	Máquina usina a peça	299	
122	Operador joga fluido de corte na peça / mede a peça	53	
123	Máquina usina a peça	284	
124	Operador mede a peça/joga fluido de corte	85	
125	Retira a peça da máquina e coloca na bancada	28	
126	Espera pelo operador do segundo turno para preencher o check list	323	
127	Operador mede a peça e faz o check list	1022	Operador sai para procurar carrinho e levar a peça para o dimensional
128	Peça vai para o controle dimensional	7200	Peça reprovada
129	Peça volta para a máquina para correção	10800	Operador faz ajustes no programa para corrigir a peça
130	Peça vai para o controle dimensional	10800	Tempo de espera alto devido à fila de peças para medição
		48593	Tempo em segundos
		809,88	Tempo em minutos
		13,50	Tempo em horas

Anexo 03 – Diagrama de Fluxo de Entradas e Saídas da célula

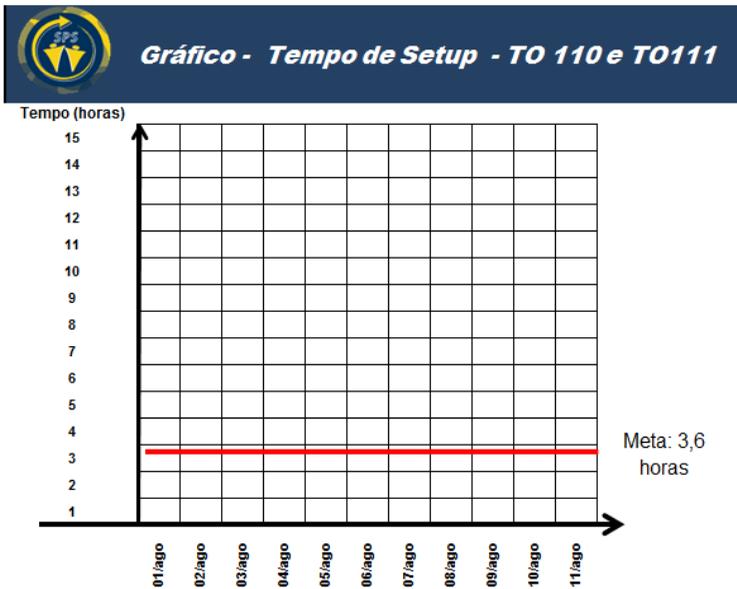


Anexo 04 – Elementos de trabalho após a implementação das ações

Elementos de trabalho		Tempo total em s OBS:	
1	Solicitar bruto do material – com ficha de solicitação de TRF		Realizado 2 horas antes do <i>setup</i>
2	Solicitar pastas de documentos (FAC) com ficha de solicitação de TRF		
3	Solicitar instrumentos de medição – ficha TRF		
4	Solicitar ferramentas e castanhas – ficha de TRF		
5	Solicitar programa CNC – ficha TRF		
6	Tira o cavaco das castanhas - TO110	45	
7	Inicia retirada das castanhas - TO110	72	
8	Limpa/passa ar e óleo nas castanhas - TO110	29	
9	Coloca as castanhas na caixa	22	
10	Faz a limpeza do dispositivo com óleo e ar - TO110	50	
11	Inicia retirada das ferramentas - TO110	250	
12	Inicia colocação das castanhas (<i>setup</i>) na máquina - TO 110	290	
13	Inicia a colocação das ferramentas (<i>setup</i>) na máquina - TO 110	376	
14	Coloca as ferramentas do TO111 na bancada e revisa	29	
15	Faz presset das ferramentas TO 110	65	
16	Mede a peça da operação TO111	35	
17	Retira peça da operação TO111 e faz a limpeza	54	
18	Inicia a retirada das castanhas TO111	75	
19	Inicia a retirada das ferramentas na máquina - TO111	272	
20	Coloca as castanhas de saída na caixa TO111	46	
21	Coloca as castanhas na máquina TO111	62	
22	Inicia o <i>setup</i> das ferramentas - TO111	320	Faz a limpeza da torre
23	Troca a talha (311.57)	89	
24	Pega a peça e coloca TO110/ajusta a peça na castanha/mexe no programa	45	
25	Usinagem da peça e ajuste do programa - TO110	3480	
26	Verifica documentação e Mede a peça TO110	163	
27	Retira peça TO110 e coloca no TO 111	101	
28	Ajusta a peça na placa e inicia a usinagem/ajustes	3000	
29	Mede a peça - TO111	198	
30	Faz o check list - TO111	120	
31	Limpa a peça/retira os documentos do carrinho e coloca a peça para levar ao dimensional	309	
32	Tempo controle dimensional	3600	Tempo efetivo de medição= 900s (15m)
Tempo em segundos		13197	
Tempo em minutos		219,95	
Tempo em horas		3,67	

Anexo 05 – Indicadores da célula

 Diário de Bordo Tempo de Setup - TO 110 e TO111								
Nº Setup	Data	Turno	Operador	Peça que entra	Peça que sai	Horário Início	Horário Fim	Observação
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								



Anexo 06 – Exemplo do relatório de auditoria



Auditoria TRF

Área:	Gestor da Área:
Analista:	Facilitador convidado:
Facilitador:	Operador:
	Convidado área suporte:

Item de Auditoria	Pontos importantes do diagnóstico	Peso	2	4	6	8	10	Nota
			Ruim	Fraco	Regular	Bom	Excelente	
TRF Padrões Operacional	Operador está treinado com o conhecimento necessário para operação e uso do procedimento de TRF (POP) ?							
	O operador realiza todo o procedimento de solicitações de recursos conforme padrão?							
	O material bruto foi entregue dentro do prazo padrão estabelecido para o início do TRF.							
	O Quadro de gestão visual esta sendo atualizado e apontado conforme procedimentos definidos (POP)?							
	Existe um padrão claro das responsabilidades da equipe de TRF para execução das atividades padrão ?							
	Os dispositivos e recursos necessários para o TRF estão próximo conforme padrões estabelecidos na metodologia?							
	Todos os recursos entregues pela rota estão dispostos dentro do padrão estabelecido e local adequado?							
	O Quadro sombra de ferramentas está completo e atende as necessidades do operador para execução do TRF ?							
	A caixa de castanhas e dispositivos está organizada conforme padrão necessário para o TRF?							
	A peça levada ao dimensional esta retornando dentro do tempo definido do procedimento padrão ?							
	Existe evidência de melhorias no processo de TRF da máquina ?							
Total de pontos								