



VII Congresso de Sistemas LEAN

"Contribuições do Lean à gestão em tempos de crise"

Troca Rápida de Ferramental (TRF) Como diferencial competitivo no Aumento da Disponibilidade de Equipamentos CNC

Mario Cleiton Stephani (SENAI) – mario.stephani@edu.sc.senai.br

Wanderlei Kreutzfeldt (SENAI) – wanderlei_k@estudante.sc.senai.br

Resumo:

Este trabalho faz uma abordagem sobre as variáveis que envolvem a Troca Rápida de ferramental (TRF) e seus modelos de referência, para uma implementação de forma eficaz, demonstrando os formulários necessários e trazendo comentários sobre os resultados obtidos em sua aplicação. Para desenvolvimento do trabalho, foram validados por meio de formulários de coleta de dados, os apontamentos dos tempos de Setup, gerando assim a possibilidade de criação de um banco de dados, onde as medições apontadas pudessem gerar informações confiáveis à tomada de decisão dos gestores da fábrica. A metodologia adotada, foi um estudo de caso, onde verificou-se a implementação dos formulários para obtenção dos dados, posteriormente analisando os indicadores de disponibilidade do equipamento, obtendo uma melhora significativa com a implantação da ferramenta da Manufatura Enxuta conhecida como TRF.

Palavras chave — TRF, Disponibilidade, Implementação.

Abstract:

This work approaches the variables that involve Rapid Tooling Change (TRF) and its reference models, to an implementation effectively, demonstrating the necessary forms and providing comments on the results obtained in its application. For the development of the work, data collection forms were validated through the data of the Setup times, thus generating the possibility of creating a database, where the measurements could generate reliable information for the factory. The methodology adopted was a case study, where it was verified the implementation of the forms to obtain the data, later analyzing the indicators of availability of the equipment, obtaining a significant improvement with the implementation of the Lean Manufacturing tool known as TRF.

Keywords - TRF, Availability, Implementation.



1. Introdução

A utilização de indicadores eficientes e confiáveis para controle de produtividade em equipamentos mecânicos, sejam estes convencionais ou de comando numérico computadorizado, certamente trazem vantagem competitiva as empresas, pois pela implementação desses indicadores que as empresas visualizam as perdas ocultas que ocorrem em seus processos produtivos (STEPHANI, 2016).

Iannone (2013), cita que a melhoria da produtividade é o maior desafio para as empresas, a fim de manterem-se competitivas no mercado global. Para permanecerem competitivas no século 21 é necessário que as empresas incluam a sustentabilidade em seus sistemas de produção. E somente melhorando os indicadores de produtividade em seus equipamentos, esse objetivo é alcançado (GLOVA, 2012).

Dessa forma a Troca Rápida de Ferramentas (TRF), que tem impacto direto no indicador de disponibilidade do equipamento, está cada vez mais presente nas empresas, pois com a redução do tempo de Setup em seu equipamento, maior será o tempo que ele estará produzindo. O tempo de Setup é uma das etapas de maior relevância no processo, com sua redução aumenta o índice de trabalho reduzindo o custo do processo e aumentando a disponibilidade do equipamento.

Com intuito de melhorar os índices de disponibilidade, o estudo foi desenvolvido em uma em um equipamento torno CNC, modelo Galaxy da empresa Romi, também foi escolhido o item com maior representatividade financeira para empresa, objetivando o processo de implantação da TRF no equipamento.

2. Referencial teórico

2.1 Troca Rápida de Ferramental (TRF)

A troca rápida de ferramental (TRF) ou SMED (Single Minute Exchange of Die), é a técnica para redução dos tempos de Setup (preparação), de equipamentos, que é apontada como uma das etapas de maior relevância para o aumento dos índices de disponibilidade de uma empresa (SATOLO, 2008).

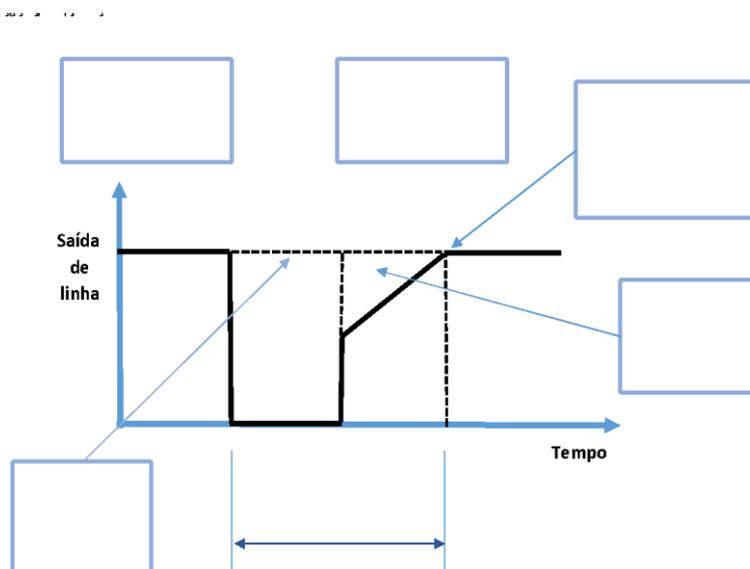
Tempos de Setup baixo podem beneficiar as empresas na busca pela competitividade, os principais seriam a produção de diferentes tipos de produtos no dia de trabalho, a redução dos tempos totais de fabricação, do tamanho dos lotes fabricados e custos de fabricação, também se pode citar a diminuição do lead time, e uma resposta mais rápida as demandas de mercado.



A busca do single-minute (dígito único) deve ser constante e as vezes pode não ser alcançada nas primeiras interações, sendo necessária a melhoria contínua de cada elemento, tanto do Setup interno como externo para alcançar o objetivo (SHINGO, 2000).

O conceito de (SMED), tratado neste trabalho como (TRF), pode ser definido como a redução da quantidade de tempo necessário, usado para preparar um equipamento antes de produzir um item, devendo se considerar a última peça em conformidade as características do projeto fabricada no lote anterior, até a primeira peça fabricada no lote seguinte. A Figura 1 ilustra o conceito de Setup comumente utilizado nas indústrias (SHINGO, 2000).

Figura 1 Conceito de Setup



Fonte: Adaptado de Bacchi et al. (2005).

Shingo (1985), descreve que implantação da (TRF), deve ocorrer por meio de fases ocorridas de forma sequencial, ao utilizar esse método na indústria, deve-se classificar o tempo transcorrido no processo de Setup em (TPE) e (TPI) que são caracterizados como:

- ✓ Tempo de Preparação Externo (TPE): tempo usado em procedimentos conduzidos (estando a máquina em operação), tais como preparação de ferramentas e separação de dispositivos.



- ✓ Tempo de Preparação Interno (TPI): tempo usado em procedimentos executados (somente estando a máquina parada), tais como a troca da matriz ou molde no equipamento e ajustes do ferramental no equipamento.

Shingo (1985), estabelece no Quadro 1, técnicas tanto para o Setup externo como interno, para efetivamente reduzir os tempos de Setup.

Quadro 1 Estágios da TRF

Estágio conceitual	Técnicas associadas
Estágio 1	Utilização de um <i>check list</i> ; Verificação das condições de funcionamento; e Melhoria de matrizes;
Estágio 2	Preparação antecipada das condições operacionais; Padronização de funções; e Utilização de guias intermediárias.
Estágio 2	Melhoria na estocagem e no transporte, matrizes, guias, batentes, etc; Implementação de operações em paralelo; Uso de fixadores funcionais; eliminação de ajustes; Sistema mínimo múltiplo comum; e Mecanização.

Fonte: Shingo (1985).

Fagundes e Fogliato (2003), também consideram que o principal estágio que compõem a TRF, devem ter ênfase na abordagem de distinção das atividades relacionadas a TPE e TPI.

Os autores Yash e Nagendra (2012), definiram como sendo vitais 4 processos para uma eficaz implementação da metodologia TRF, conforme pode-se verificar:

1. Observe a metodologia atual: procedimentos atuais geralmente são gravados em um vídeo, todo o processo de fabricação. Ele cobre a transição completa de um modelo para outro modelo.
2. Separe as atividades internas das atividades externas.
3. Para cada simples melhoria no processo, uma substancial melhoria de redução nos tempos de Setup deve ser esperada, por isso os autores citam que várias melhorias devem ser sugeridas para se conseguir cruzar a linha de 10 minutos idealizada por Shingo (1985).



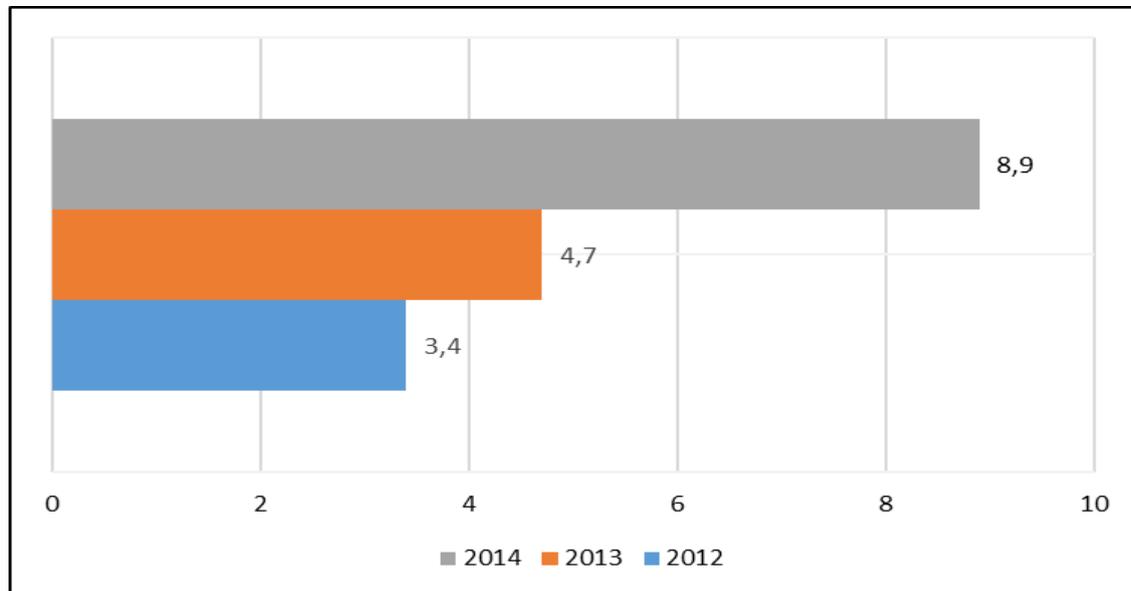
- Melhoria Contínua: Depois da primeira interação de sucesso na aplicação da TRF, o principal requisito torna-se a formação de todo o operador da célula. O treinamento tem sido dado pelo responsável pela célula.

3. Metodologia e desenvolvimento

O presente estudo visa demonstrar que a aplicação da TRF pode ser fator diferencial competitivo na melhora das taxas de disponibilidade de um equipamento. Para evolução do trabalho foi verificado o número de Setup's diários, que ocorreram historicamente em 2012, 2013 e 2014, junto ao setor de planejamento, programação e controle de produção (PPC) da empresa (STEPHANI, 2016).

Constatou-se no Gráfico 1, que o número de Setup's vem aumentando ano após ano, somente em 2014, houveram quase 9 Setup's por dia, fator que influencia no rendimento das máquinas, uma vez que o tempo médio do Setup no ano de 2014 foi de 25 minutos, resultando em 225 minutos de parado do equipamento sem produzir.

Gráfico 1 Setups Diários



Fonte: O Autor (2015).

Na interlocução com os operadores, estes comentaram que todos os lotes estavam vindo para produção em quantidades muito reduzidas que curiosamente se repetiam a cada 2 ou 3 dias na mesma semana. Assim os operadores perceberam que era preciso realizar o



mesmo s Setup, do mesmo item repetidas vezes, para o qual poderiam ser melhor agrupados, reduzindo drasticamente a quantidade de Setup's (STEPHANI, 2016).

Para que fossem implementadas as melhorias no processo de Setup na etapa seguinte, selecionou-se um dos produtos fabricados pela empresa, para aplicar um TRF. No caso desse produto o Setup inicial foi filmado em campo, na qual se constatou que o tempo total do Setup era de 32 minutos e 30 segundos (STEPHANI, 2016).

Com a filmagem da operação de Setup, percebeu-se que era o operador da máquina que buscava os lotes de peças a fabricar no setor de corte. Também ficou claro que seria importante propor a utilização de um abastecedor para a linha de produção.

A falta de insumos no estoque também foi observada pelo pesquisador que achou interessante propor o cálculo de supermercado dos itens mais utilizados, para reduzir as chances de o estoque estar incorreto e faltar esse material no setor de corte. Nas etiquetas que ficavam junto aos materiais apareceram informações calculadas como: estoque total, estoque de ciclo, estoque de pulmão, estoque de segurança, ponto de pedido, lote mínimo e lead time de reposição que são informações essenciais para o fluxo contínuo dos produtos.

Como segundo passo foi separado os processos em TPE e TPI, conforme ilustrado na figura 2 e 3, (STEPHANI, 2016).

Figura 2 Procedimento Externo Inicial

Atividade
1. Verificar a sequência de peças que vão entrar na máquina;
2. Buscar as peças na prateleira e levar até a bancada do operador;
3. Procurar programa CNC na pasta e conferir a revisão;
4. Posicionar todas as ferramentas necessárias para a troca sobre a bancada (machos, brocas, calços, etc).

Fonte: Adaptado de Shingo (2008).

Lembrando que o ideal é fazer com que o TPI, que só pode ser feito com a máquina parada, seja eliminados ou se transforme em TPE, que são os procedimentos que podem ser feitos com a máquina em funcionamento.

**Figura 3 Procedimento Interno Inicial**

Atividade
1. Parar a máquina após sair a última peça;
2. Fechar OF da peça de saída no sistema;
3. Abrir OF da peça de entrada no sistema;
4. Abrir controle de setup;
5. Puxar programa;
6. Verificar programa CNC e corrigir (se necessário fazer programa);
7. Retirar contraponta (se necessário);
8. Trocar ferramenta (broca, macho, outras);
9. Zerar ferramentas;
10. Retirar castanhas;
11. Retirar calços:
12. Colocar calços:
13. Ajustar castanhas;
14. Colocar Contraponta (se necessário)
15. Zerar peça;
16. Ajustar refrigeração;
17. Produzir a primeira peça;
18. Liberar peça;
19. Fechar controle de setup.

Fonte: Adaptado de Shingo (2008).

Nessa fase foi feita a análise para conversão dos procedimentos internos para externo, e pontuado algumas melhorias para eliminação de alguns desperdícios (STEPHANI, 2016).

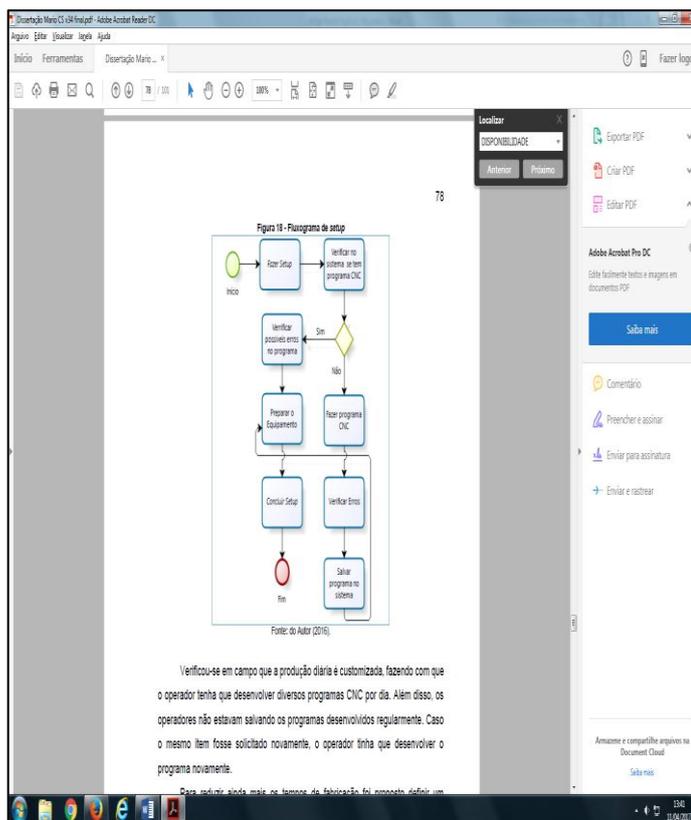
Uma oportunidade de melhoria identificada pelo grupo Kaizen, foi no item 6 da lista de TPI que se trata da programação CNC, onde o operador tem que verificar e corrigir o programa e se não houver programa CNC o próprio operador tem que fazer, procedimento que prejudica diretamente os tempos de Setup, esse procedimento é ilustrado da figura 4.

Verificou-se em campo que a produção diária é muito customizada, fazendo com que o operador tivesse que fazer muitos programas CNC por dia. Além disso, os operadores não estavam salvando os programas regularmente, ou seja, se o mesmo item viesse em outro dia, ele teria uma grande chance de ter que fazer o programa novamente (STEPHANI, 2016).

A proposta foi criar o cargo de programador CNC, desta forma os programas seriam criados por este profissional, deixando o operador livre desta função, reduzindo os tempos de Setup consideravelmente. Foi montado o fluxograma ilustrado na figura 5, para orientar os operadores de como seria o fluxo proposto, também foi adicionado no campo de observação da ordem de fabricação (OF), o número do programa CNC, para o operador puxar do sistema antes de iniciar o Setup, direto para o painel da máquina, assim sendo o procedimento 5 foi transformado em externo (STEPHANI, 2016).

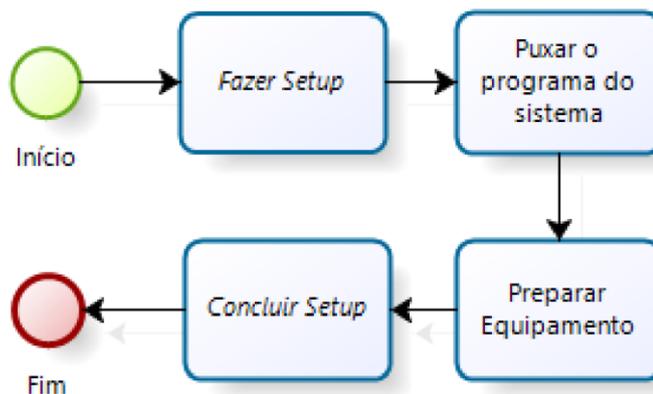


igura 4 Fluxograma de Setup



Fonte: Adaptado de Shingo (2008).

Figura 5 Fluxograma de Setup



Fonte: Adaptado de Shingo (2008).

Foi realocado um operador de CNC para o cargo de programador CNC, para exercer a função ele precisou de um computador e um software de programação CAD/CAM. O funcionário escolhido para função já tinha experiência com esse tipo de software, por esse motivo foi o selecionado para o cargo, (STEPHANI, 2016).



Após os estudos do processo o TPE final, ficou como ilustrado na figura 6, o processo de Setup foi repassado aos operadores das máquinas pelos integrantes do grupo Kaizen (STEPHANI, 2016).

Figura 6 Procedimento externo final

Atividade
1. Abrir controle de setup;
2. Puxar programa CNC;
3. Verificar as ferramentas que serão usadas na próxima peça;
4. Verificar final das medidas para liberação;
5. Abrir controle de setup;

Fonte: Adaptado de Shingo (2008).

Outro fator que implicava muito nos tempos elevados de Setup, foi que no vídeo gravado o operador perdia muito tempo buscando ferramentas e acessórios que haviam sido emprestados a outras máquinas, para sanar o problema, conforme ilustração 7, o grupo elaborou um Check-list de componentes e acessórios (STEPHANI, 2016).

Figura 7 Check-list Componentes e acessórios

Broca T-Max	Broca comum	Broca de Centro	Macho Comum	Macho Esp.	Ferramenta Interna	Ferramenta Externa	Ferramentas em geral
Ø 25	Ø 15	Ø 4x10	M12	M10	2 - Ferramentas para insert de 11mm	1 - Suporte Para canal externo	1 - Paquímetro
Ø 20	Ø 12		M10	M8			1 - Micrômetro
Ø 18	Ø 11,5		M8			1 - Suporte Para desbaste	1 - Chave de fenda e phillips
Ø 16,5	Ø 10,5		M3				1 - Chave Allen 14
	Ø 10,3				1 - Ferramenta para inserto 16mm	1 - Suporte Para acabamento	1 - Chave Allen 12
	Ø 10						1 - Chave Allen 6
	Ø 8,9					1 - Suporte Para roscamento	1 - Chave Allen 5
	Ø 8,5						1 - Chave Allen 4
	Ø 8				1 - Suporte Para corte de peças	1 - Suporte Para corte de peças	1 - Chave de boca 13 e 14
	Ø 7						1 - Chave para pinças
	Ø 6,8						1 - Martelo
	Ø 5						1 - Alicates
	Ø 4,2						1 - Jogo de pinças e calços
	Ø 3,5						1 - Chave para contra-ponta
	Ø 2,5						1 - Jogo de castanhas

Fonte: Adaptado de Shingo (2008).



Também foi inserido no check-list na coluna das ferramentas em geral, várias chaves e ferramentas do dia-a-dia que são muito simples, mas precisam estar no equipamento e não devem ser compartilhadas, para que o operador não perca tempo procurando esses itens em outras máquinas e até mesmo em outros setores da empresa. Este check-list foi fixado na própria máquina CNC, para que o operador do equipamento, ou até mesmo qualquer um saiba todas as ferramentas que se encontram nesse equipamento, algumas ferramentas tiveram que ser compradas para cada máquina, pois eram compartilhadas (STEPHANI, 2016).

Um dos pilares Lean Manufacturing é a padronização do trabalho, assim quando a informação do tempo médio de Setup foi repassada, o primeiro questionamento foi de como essa informação foi obtida, pois não existia um formulário de controle para procedimentos de Setup e a resposta foi que os tempos de Setup eram anotados diretamente na OF quando a peça era fabricada pela primeira vez e lançada no sistema pelo PPCP (STEPHANI, 2016).

Para melhorar constantemente a TRF, foi implantado o formulário de controle de Setup, ilustrado na figura 8, este serve para gerar dados confiáveis dos itens que mais tem influenciado os equipamentos. O controle de Setup pode ser apontado como TPE e não afetará os tempos de Setup, pois as peças fabricadas tem um tempo de ciclo médio superior a 20 minutos (STEPHANI, 2016).

Figura 8 Controle de Setup

CONTROLE DE SETUP						
Máquina:		Turno:		Data: ____ / ____ / ____.		
Pç Saída:		Qtd Programada:		Qtd Real:		
Pç Entrada:		Hora início:	Hora fim:	Operador (es):		
Desvios	Minutos	Descrição		Desvios	Minutos	Descrição
P.01		Procura de calços		P.12		Problema no DNC
P.02		Procura de castanhas		P.13		Troca de Turno
P.03		Falta de programa		P.14		Problema no insumo
P.04		Falta de instr. de medição		P.15		Outros
P.05		Falta ou reparo de ferram. / acessório		P.16		
P.06		Manutenção mecânica/elétr.		P.17		
P.07		Falta de anel p/ castanha		P.18		
P.08		Troca de Ferramenta		P.19		
P.09		Ajuste na Castanha		P.20		
P.10		Ajuste do Programa		P.21		
P.11		Colisão na Máquina		P.22		

Fonte: Adaptado de Shingo (2008).



Os formulários preenchidos, são coletados e apontados pelo analista de PPCP, em planilha no Excel, ilustrada na figura 9. Após implantação a empresa terá informações como: tempo total de Setup por máquina, número de Setup's realizados por máquina, tempo Médio de Setup por máquina e os desvios por Máquina que mais ocorreram (STEPHANI, 2016).

Figura 9 Banco de dados em Excel

BANCO DE DADOS												
MÁQUINA												
DATA	OPERADOR	MÁQUINA	TIPO	VALOR								

Fonte: Adaptado de Hansen (2006).

4. Análise dos dados

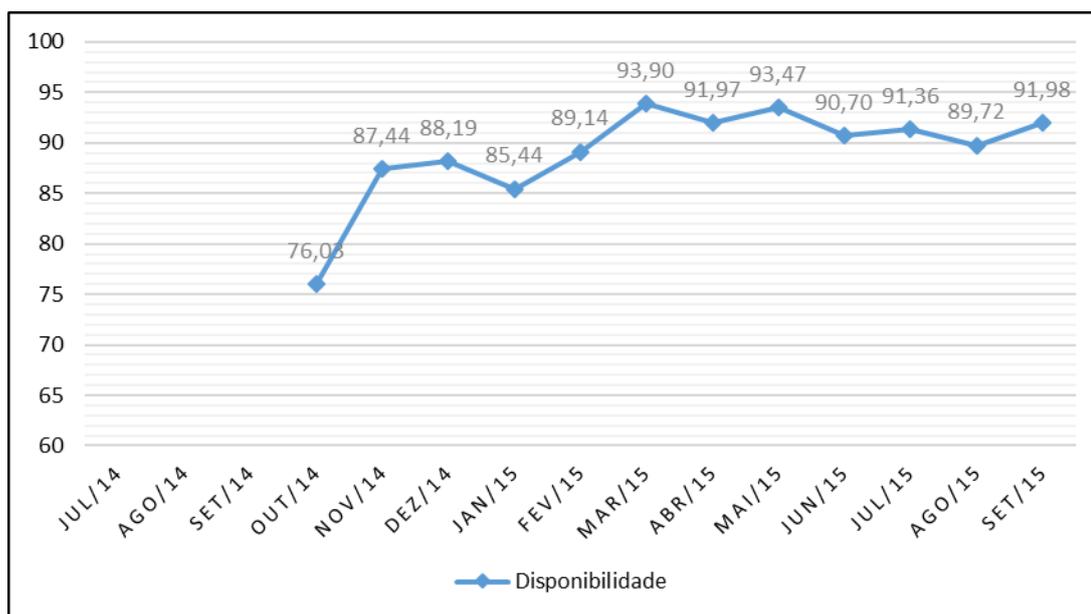
Ao final das implementações dessas melhorias de Setup, foi gravado um novo vídeo da mesma peça sendo executada, assim o Setup que inicialmente era de 32 minutos e 30 segundos foi reduzido a 21 minutos e 43 segundos, que é uma redução de 34,2%, claro que os tempos ainda podem ser melhorados ainda mais, pois esse processo é contínuo.

As empresas de padrão mundial costumam operar com taxas de eficiência de 90%, sendo esta foi a meta estabelecida pela empresa (HANSEN, 2006).

No gráfico 9 verificasse os índices de disponibilidade do torno CNC 3, sendo que a partir do mês de março de 2015 o equipamento alcançou pela primeira vez a meta de 90%, justamente no período após a filosofia do ME começar a ser implementada.



Gráfico 9 Taxa de Disponibilidade



Fonte: O Autor (2015).

Na presente pesquisa o aumento da taxa de disponibilidade se deve ao fato de ter sido aplicado a etiqueta com ponto de pedido (Supermercado), no estaleiro de matéria prima, que fez com que não faltasse mais insumos ao setor de usinagem e o trabalho de Kaizen aplicado a TRF, que reduziu drasticamente os tempos de Setup, fazendo com que o indicador melhorasse (STEPHANI, 2016).

Vale ressaltar que os planos de manutenção preventiva que contam nos manuais das máquinas CNC são seguidos pelos operadores e que a manutenção da empresa é terceirizada. Durante este período, nenhuma alteração na manutenção foi feita, para não distorcer os dados coletados e obtidos, (STEPHANI, 2016).

5. Considerações finais

Este artigo teve como principal objetivo analisar o processo de implantação da (TRF) Troca Rápida de Ferramentas, identificando o processo de setup atual do equipamento e mostrando as melhorias e seus efeitos para redução dos tempos de setup. O modelo de implementação serve de orientação para aplicação em outros equipamentos e empresas, mas vale reforçar que possíveis ajustes possivelmente terão que ser feitos, a fim de alinhar as realidades da empresa estudada.



Com a criação de um cargo de Programador CNC, além de mandar para a produção os programas CNC já verificados e com todas as informações necessárias, reduzindo as chances de possíveis erros passem para etapa seguinte. Os programas feitos na base de dados para quando o for necessário utilizar não precise programar novamente tem impacto direto na redução de Setup.

Podemos considerar que o objetivo proposto foi atingido, pois houve uma redução significativa no tempo do Setup de 32 minutos e 30 segundos, para 21 minutos e 43 segundos, redução de 34,2% do tempo de setup.

A TRF possui uma ampla variedade de estudos, que pode ser aplicada em qualquer máquina ou equipamento industrial, ou empresas de outros segmentos, não sendo exclusividades de máquinas e equipamentos CNC.

REFERÊNCIAS

FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. **Troca Rápida de Ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso.** Gestão & Produção. v. 10, 2003.

GLOVA, J. *Overall equipment and energy effectiveness as one of the key performance indicators in manufacturing.* Transfer inovácií. v. 24, 2012.

HANSEN, R.C. **Eficiência global dos equipamentos:** uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros. Porto Alegre: Bookman, 2008. 264 p.

IANNONE, R; NENNI, M. E (2013). *Managing OEE to Optimize Factory Performance, Operations Management.* InTech, 2013.

SATOLO, E. G.; CALARGE, F. A. **Troca Rápida de Ferramentas: estudo de casos em diferentes segmentos industriais.** Exacta, São Paulo, v. 6, 2008.

SHINGO, S. *A Revolution in Manufacturing: The SMED System.* Productivity Press. Cambridge, MA, 1985.

_____. **Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas produtivos.** Porto Alegre: Bookman, 2000.



STEPHANI, Mario Cleiton. **Avaliação do Impacto da Manufatura Enxuta na Eficiência Global do Equipamento em um Processo de Usinagem de uma Indústria do Setor Metalmeccânico.** 2016. 101f. Defesa (Mestrado Profissional em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Tupy, Joinville, 2016.

YASH D.; NAGENDRA S. *Single Minute Exchange of Dies: Literature Review.* International Journal of Lean Thinking. V3, 2012.