

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
VIII CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO INDUSTRIAL: PRODUÇÃO E
MANUTENÇÃO

FABRÍCIO GURSKI

PADRONIZAÇÃO DAS TROCAS DE FERRAMENTAS PARA MOLDES DE
INJEÇÃO DE ALUMÍNIO SOB PRESSÃO

MONOGRAFIA

PONTA GROSSA

2012

FABRÍCIO GURSKI

**PADRONIZAÇÃO DAS TROCAS DE FERRAMENTAS PARA MOLDES DE
INJEÇÃO DE ALUMÍNIO SOB PRESSÃO**

Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Industrial: Produção e Manutenção, do Departamento de Pesquisa e Pós-Graduação, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Flávio Trojan.

PONTA GROSSA

2012



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTA GROSSA
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

PADRONIZAÇÃO DAS TROCAS DE FERRAMENTAS PARA MOLDES DE INJEÇÃO DE ALUMÍNIO SOB PRESSÃO

por

Fabricao Gurski

Esta monografia foi apresentada no dia 15 de dezembro de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM GESTÃO INDUSTRIAL: PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Antonio Augusto de Paula
Xavier (UTFPR)**

**Prof. Dr. Guataçara Dos Santos
Junior (UTFPR)**

Prof. Me. Flavio Trojan (UTFPR)
Orientador

Visto do Coordenador:

**Prof. Dr. Guataçara dos Santos
Junior**

Coordenador CEGI-PM
UTFPR – Câmpus Ponta Grossa

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso.

AGRADECIMENTOS

Ao Universo que sempre conspira a nosso favor, aos meus pais, Silvestre Gurski e Suely da Cruz Gurski, pelo grande apoio, compreensão e ajuda nesta jornada. Aos meus irmãos Silvano Gurski e Fábio Gurski pelo companheirismo, compreensão e pela grande ajuda.

Aos meus amigos de curso, pela cumplicidade, ajuda e amizade.

Ao Professor Flávio Trojan, pela orientação neste trabalho.

Fabício Gurski

RESUMO

GURSKI, Fabrício. **Padronização das Trocas de Ferramentas Para Moldes de Injeção de Alumínio Sob Pressão**. 2012.40. Monografia (Especialização Gestão Industrial: Produção e Manutenção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

Este trabalho baseia-se inicialmente no estudo de ferramentas aplicadas à manufatura enxuta, também conhecida como Cultura Lean, e por sequência, o desenvolvimento e implementação do sistema de troca rápida de ferramenta - TRF em uma fundição de alumínio sob pressão, voltada para a fabricação de peças para o ramo automotivo. O processo de fundição sob pressão pode ser amplamente aplicável, de maneira que o mesmo é geralmente usado para uma grande variedade de produtos, o que por consequência acarreta num alto índice de troca de moldes de injeção. O tempo gasto em setup é considerado um dos maiores problemas das indústrias deste segmento, daí a necessidade de se estudar a fundo os métodos de TRF. Para algumas empresas com elevados índices de setup, é necessário se pensar até em estudo de casos para aplicação da metodologia SMED, ou seja, troca de ferramenta em menos de 10 minutos, o que para moldes de menor tonelagem, sem dúvida pode ser aplicada.

Palavras-chave: fundição sob pressão, troca rápida de ferramentas, manufatura enxuta, tempo de preparação, set up, metodologia SMED.

ABSTRACT

GURSKI, Fabrício. **Standard of setup tools for die casting aluminum.** 2012.40. Monograph (Especialização Gestão Industrial: Produção e Manutenção) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

This work is based on the study of applying the tools of lean manufacturing, and sequence, the development and implementation of the Rapid tool, in a process of die casting of aluminum, focused on manufacturing parts for the automotive.

The process of die casting can be widely applicable, being applied to a wide variety of products, and this generates a high number of tool setup

A time spent in setup is considered one of the biggest problems of this industry segment.

For some companies with high levels of setup is necessary to think in a case study for applying the methodology SMED (Single-Minute Exchange of Die).

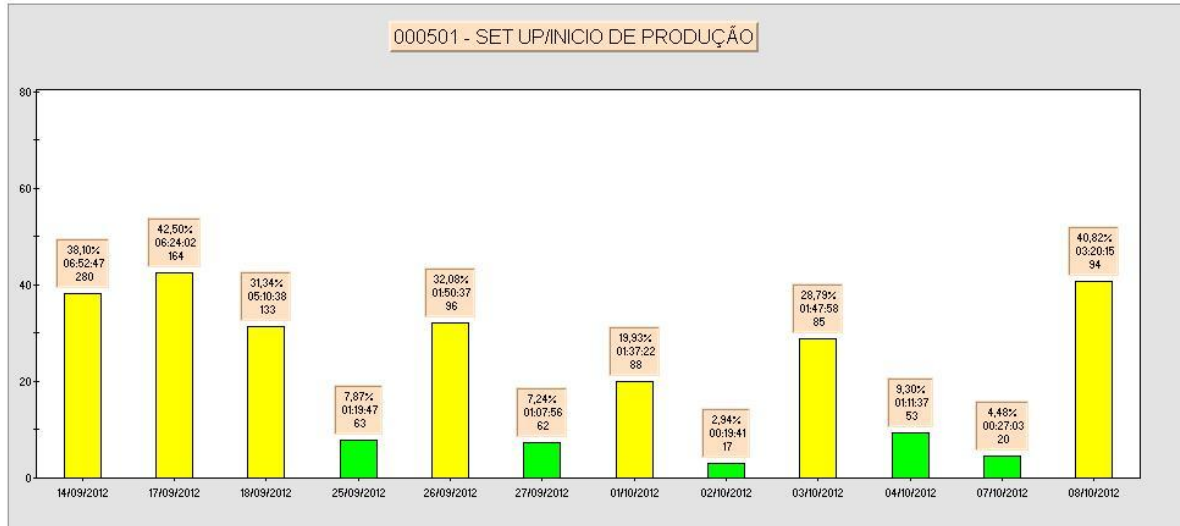
Keywords: die casting, Rapid tool, lean manufacturing, setup, SMED.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Casa do Sistema Toyota de Produção.....	15
Figura 2.	Situações com 99% de confiabilidade.....	19
Figura 3.	Pilares da Manutenção Produtiva Total.....	19
Figura 4.	Tempo de Set up.....	21
Figura 5.	Comparação entre Set Up rápido e Set Up demorado.....	21
Figura 6.	Gráfico de divisão do processo de Setup.....	22
Figura 7.	Gráfico de perdas por paradas.....	25
Figura 8.	Gráfico de perdas por Setup máquina 1601 - a.....	25
Figura 9.	Gráfico de perdas por Setup máquina 1601 - b.....	26
Figura 10.	Gráfico de perdas por Setup máquina 1601 - c.....	27
Figura 11.	Gráfico de perdas por Setup máquina 1601 - d.....	27
Figura 12.	Gráfico de perdas por Setup máquina 1601 - e.....	27
Figura 13.	Pareto de produtos da máquina 1601.....	28

Gráfico de Recorrência - Paradas (G014f)

PERÍODO: 01/06/2012 - 23/11/2012 (TODOS) Tempo Total: 152:25:46 ³
 Máquina: INJ_1601 Índice da Parada: 14,03% 23/11/2012 11:06:53
 Ferramenta: 000001 INJEÇÃO Total de Perdas: 6549 3.105.23
 Produto: SEM FILTRO



SUMÁRIO

1 Introdução.....	9
2 Fundamentação Teórica.....	12
2.1 PRINCÍPIOS DA FUNDIÇÃO DE SOB PRESSÃO.....	12
2.2 ALUMÍNIO E SUAS LIGAS.....	13
2.3 PRINCÍPIOS DA MANUFATURA ENXUTA.....	13
2.4 FERRAMENTAS DA MENTALIDADE ENXUTA.....	16
2.4.1 SISTEMA DE MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.....	18
2.4.2 SISTEMA DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS.....	20
3 Metodologia.....	24
3.1 A SITUAÇÃO DA EMPRESA e levantamento de dados.....	24
3.2 PLANO DE AÇÃO.....	28
3.3 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA de setup padronizado.....	29
3.3.1 PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	29
3.3.2 MANUTENÇÃO DE MOLDES.....	29
3.3.3 PRODUÇÃO.....	29
4 ANÁLISE E DISCUSSÕES.....	31
4.1 CICLO PDCA.....	31
4.2 SETUP RÁPIDO.....	32
4.3 SMED.....	32
5 considerações finais.....	34

1 INTRODUÇÃO

O processo de fundição de alumínio sob pressão tem sido atualmente um dos processos mais versáteis, no que se diz respeito ao atendimento à indústria automotiva. Sabe-se que nos últimos anos o desenvolvimento de peças automotivas em alumínio é de crescente expansão, e cada vez mais, o alumínio vem sendo utilizado em mancais, carcaças, entre outros componentes de um veículo.

Toda esta versatilidade é muito boa para o ramo, pois, uma empresa no ramo de fundição sob pressão, sempre terá uma gama enorme de produtos em seu portfólio. Porém, é necessário se atentar para o outro lado, que são os grandes tempos que se leva com setup de ferramenta. Cada produto tem seu molde de injeção, e cada molde tem suas máquinas específicas, devido à tonelagem do mesmo, de maneira que a troca de ferramentas tem influência sobre vários setores dentro da empresa. É necessário que o PCP esteja alinhado com setores de Produção, Expedição, Manutenção de moldes, etc., na hora de programar que produto será feito.

Mas há soluções, pouco usadas, que são capazes de reduzir drasticamente esses tempos de setup, são as chamadas Ferramentas da Manufatura Enxuta (Lean Manufacturing), as quais dão suporte a qualquer tipo de produção, para que não se produza nada além do necessário. Dentro da cultura Lean, existe a teoria da Troca Rápida de Ferramenta (TRF), na qual se tem vários conceitos para redução de tempos de setup.

A proposta deste trabalho é apresentar tais conceitos de TRF, mostrar a sua utilização e aplicá-los à fabricação de peças automotivas por processo de injeção sob pressão.

O trabalho está estruturado da seguinte maneira: Introdução no item 1, onde são expostos o problema, a justificativa para este estudo, os objetivos geral e específico e a delimitação do tema.

No item 2 será apresentada a Fundamentação Teórica, onde é explicitado o conceito de fundição sob pressão e da Cultura Lean, atendo-se principalmente aos conceitos de Troca Rápida de Ferramentas.

O item 3 trás a Metodologia adotada para o estudo de caso.

No item 4 são expostas as Análises e Discussões de Resultados obtidos.

O item 5 expõe as Considerações finais. As referências, apêndices e anexos aparecem na sequencia.

1.1 PROBLEMA

De que maneira pode-se reduzir os tempos gastos com troca de ferramentas em uma fundição de alumínio sob pressão, com grande variedade de produtos a serem fabricados em uma mesma máquina

1.2 JUSTIFICATIVA

O ideal é que se gaste o menos tempo possível em setup, aumentando o número de produtos que entre em máquina, e por consequência, aumentando o faturamento da empresa.

Se a empresa é capaz de fazer diferentes produtos, deve aproveitar ao máximo esta versatilidade. Além disso, quanto mais produtos entrarem em máquina, em menor tempo, melhor será para o cliente, que receberá o produto em tempo hábil, o que será levado em conta na divulgação da imagem da empresa.

1.3 OBJETIVO GERAL

Padronizar as trocas de moldes de injeção em uma fundição que opera com moldes para máquinas de tonelagens entre 500 e 1600 ton.

1.4 OBJETIVO ESPECÍFICO

Implementação da Troca Rápida de Ferramenta, a qual trará os seguintes benefícios:

- Redução de tempos de setup interno
- Aumento do tempo de setup externo
- Manutenção produtiva total (TPM)

1.5 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Como já vem sendo dito, este trabalho é um estudo de caso para uma empresa do ramo de fundição de alumínio sob pressão. Esta empresa tem clientes de vários setores da indústria metalúrgica, porém a maioria destes clientes tem atuação direta no ramo automotivo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção serão apresentados todos os conceitos relevantes para o desenvolvimento desse estudo.

2.1 PRINCÍPIOS DA FUNDIÇÃO DE SOB PRESSÃO

O versátil processo de produção denominado **fundição**, possibilita a fabricação dos mais variados tipos de produtos, para qualquer segmento industrial. Dentre os processos de fundição, tem-se o processo que está sendo tratado neste trabalho, o de **fundição sob pressão**, o qual pode ser considerado o processo de maior precisão, sendo vastamente aplicado a produtos de geometrias complexas e com espessuras bem finas, porém de dimensões relativamente pequenas.

Além de sua flexível aplicação, este processo ainda tem a vantagem de oferecer peças praticamente acabadas e em larga escala de produção, tornando-o altamente lucrativo. A limitação do processo é que este deve ser aplicado apenas a ligas de baixo ponto de fusão, tais como zinco, cobre, bronze e alumínio, visto que, no processo, o que dá a forma ao produto é apenas a pressão aplicada pela ferramenta de injeção sobre o metal fundido. No caso deste trabalho, será considerada a fusão de ligas de alumínio.

2.1.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO

O alumínio fundido é bombeado para dentro da ferramenta de injeção, chamada de molde. Os moldes são constituídos de duas partes, fixa e móvel, e ainda podem ter componentes denominados gavetas, os quais auxiliam no preenchimento de peças com geometria de alta complexidade. Os moldes têm em sua geometria, cavidades de moldação que darão forma ao produto quando a parte móvel é impulsionada em direção à parte fixa, através da pressão entre as mesmas. A pressão é geralmente aplicada por uma força externa de origem hidráulica que proporciona a movimentação da parte móvel do molde, dentro da máquina injetora. A solidificação acontece muito rápido, dentro de poucos segundos, então o molde é aberto para que a peça seja retirada. O processo de retirada da peça é feito através do conjunto de extração presente no molde, o qual é composto por pinos extratores que separam o produto da matriz.

Para resfriamento do produto e aumento da vida útil da ferramenta, o molde tem em suas partes constituintes um sistema de refrigeração à base de água. Devido à alta pressão exercida no processo, é comum que a peça fique presa ao molde, este problema é evitado com a utilização de compostos chamados de desmoldantes, os quais facilitam a retirada da peça sem danos, formando uma película lubrificante. O líquido desmoldante é aplicado nas

cavidades do molde, no início de cada ciclo e também tem a função de proteger as matrizes de choques térmicos. Após a retirada do produto, as matrizes recebem novamente a aplicação de desmoldante e o ciclo se repete.

As máquinas injetoras podem ter acionamento manual, semi automático e/ou automático, tem seus componentes geralmente fabricados em ferro fundido e aço e são dotadas de sistemas hidráulicos. As mais modernas ainda tem o auxílio de robôs que facilitam na extração e resfriamento da peça e reduzem os riscos ao operador.

2.2 ALUMÍNIO E SUAS LIGAS

O alumínio tem propriedades mecânicas excelentes para aplicação automotiva, tendo alta resistência à corrosão, baixo teor de massa, elevada condutividade térmica e elétrica e pode ser reciclado infinitamente. Pode ser aplicado a todos os processos metalúrgicos de manufatura em qualquer forma que se necessite. Estas e outras vantagens o colocam em posição favorecida, sendo considerado o metal não ferroso de maior consumo no mundo.

O alumínio é encontrado na crosta terrestre na forma de óxido de alumínio - Al_2O_3 — de maneira abundante, principalmente na bauxita, que tem teor de óxido de alumínio entre 35% e 45% e é encontrada principalmente nas regiões tropicais e no Brasil.

O ponto de fusão do alumínio puro é $660^{\circ}C$, este diminui quando em ligas. Seu peso específico é de $2,7\text{ g/cm}^3$, caracterizando sua leveza. Esta leveza, aliada a alta resistência que o alumínio apresenta quando se tem adição de elementos de liga, torna-o altamente aplicável à indústria aeronáutica e automotiva.

A vasta aplicação do alumínio em fundição se dá devido a sua baixa temperatura de fusão, ótimo acabamento superficial e alto poder de reciclagem. Na indústria automotiva ele é aplicado a carrocerias, pistões, blocos de motores, caixas de câmbio, chassis e acessórios, com tendência de que esta aplicação seja cada vez maior. Sua alta resistência à corrosão ainda trás as vantagens de excelente durabilidade e pouca manutenção.

2.3 PRINCÍPIOS DA MANUFATURA ENXUTA

Dentro do processo de desenvolvimento vivido constantemente pela indústria, pode-se dividir a sua história em três fases. A primeira trata-se da **produção artesanal**, a qual era usada nos primórdios da industrialização. Uma das principais características do processo artesanal é que, com ele se produzia produtos individuais, ou seja, os produtos eram feitos um a um, sendo praticamente impossível que se tivesse itens exatamente iguais. As ferramentas eram simples e muito flexíveis, não havia um sistema de qualidade, os custos eram elevados e a produção era feita apenas por encomenda.

No início do século XX, Henry Ford mudou o conceito de indústria através da **produção em massa**, que tinha o objetivo de suprir as necessidades de mercado, numa

época em que todos queriam comprar um automóvel, mas estes eram extremamente caros e fabricados em volumes pequenos.

O modelo de produção em massa é até hoje o mais utilizado no mundo, com produtos e processos padronizados, ou seja, no caso de Henry Ford, se produzia apenas um tipo de produto, o famoso modelo T, com peças e formas de produção e montagem padronizadas, o que resultava em produtos sempre iguais. As ferramentas e equipamentos se tornaram dedicadas, não era feito setup. Produzia-se um grande volume de apenas um modelo de automóvel durante um longo período de tempo, mesmo que a venda do produto fosse acontecer apenas um tempo depois.

Na produção em massa buscava-se o barateamento dos produtos e matérias-primas através da compra em quantidades elevadas e da produção em larga escala.

Por fim, na metade do século XX, quando o Japão passava pelo período pós-guerra, surge o modelo de **produção enxuta**. O país precisava reerguer-se após ter sido totalmente destruído por bombas atômicas lançadas durante a segunda guerra mundial, e para tornar-se competitiva, a indústria japonesa precisaria suprir algumas necessidades, tais como:

- *Produção de alta variedade e pequenos volumes* -o sistema de produção teria que permitir a fabricação em uma quantidade mínima e que oferecesse grande variedade de produtos;
- *Garantia de qualidade* - a produção deveria assegurar a altíssima qualidade, evitando retrabalhos, reprocessamentos e refugos;
- *Produtos com ciclo de vida curto* - era necessário que o consumidor voltasse logo a comprar seus produtos, de maneira que este produto teria que se tornar obsoleto após certo tempo;
- *Trabalho de acordo com a demanda* - era preciso saber exatamente o que o consumidor queria adquirir, para que a produção de itens para estoque fosse evitada;
- *Redução de custos* -precisavam produzir mais modelos diferentes, o que demandava diversos setups, em um sistema que garantisse qualidade, trabalhasse de acordo com a demanda do cliente, e que ainda tivessem custos muito baixos.

Buscando tudo isso, a Toyota Motor Corporation desenvolveu um sistema de produção chamado de **lean manufacturing**, o qual começou a ser utilizado no mundo todo, e chegou ao Brasil com o nome de manufatura enxuta. A mentalidade enxuta consiste basicamente em cinco passos:

- *Produção em fluxo e estoques em nível baixo* - buscou-se eliminar os estoques entre processos, fazendo com que o produto passasse de um processo a outro sem ficar parado;
- *Organização por família de produtos* - eliminou-se departamentos e colocou-se todas as etapas de produção de um determinado produto lado a lado, reduzindo estoques e movimentações;
- *Processos altamente flexíveis e capazes* - buscou-se eliminar perdas e paradas dos equipamentos, e flexibilizar os processos produtivos, a fim de possibilitar a produção de vários tipos de produtos em uma mesma linha de produção;
- *Processos à prova de erros* - construiu-se um sistema que não permitia que um erro fosse gerado ou passado para o processo seguinte, garantindo a qualidade dos produtos fabricados;
- *Trabalho padronizado* – criou-se um padrão de trabalho para minimizar a variação dos produtos e facilitar o treinamento de novos operadores, funcionando como base para melhorias a serem implantadas ao sistema.

Com este sistema de produção, a Toyota conseguiu lugar de destaque em relação a outras montadoras de veículos, superando mais facilmente as crises, mantendo a lucratividade e competitividade no mercado.

Nos dias de hoje, empresas dos mais variados segmentos utilizam os conceitos de produção enxuta, adaptando o Sistema Toyota de Produção a suas atividades, buscando obter vantagens frente aos concorrentes e melhorando o clima organizacional.

2.3.1 CASA DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

O sistema Toyota é explicado de forma mais simples através da Casa do Sistema Toyota de Produção, apresentada na figura 1.

O telhado da casa representa os objetivos a serem atingidos – melhor qualidade, menor custo e menor lead time, que é o tempo de ciclo – pela organização. Para atingir estes objetivos, ou seja, para construir o telhado de uma casa, é preciso primeiro preparar o piso, através da melhoria da estabilidade, nivelamento (Heijunka), trabalho padronizado e melhoria contínua do processo (Kaizen).

As paredes da casa são os pilares do Just in Time e Jidoka (Autonomação). Através do Just in Time, busca-se produzir e enviar produtos na quantidade requisitada pelo cliente, no prazo certo e com ótima qualidade, reduzindo desta forma o estoque em processo e garantindo a entrega ao cliente. O pilar do Jidoka é o que garante a qualidade da fonte. Faz com que tudo o que for produzido seja com qualidade desde a primeira vez, dando a capacidade às máquinas de identificar anomalias de processo.

Sem estabilidade, nivelamento, trabalho padronizado, cultura de melhoria contínua, fluxo de produção e qualidade na fonte, não será possível chegar aos objetivos.

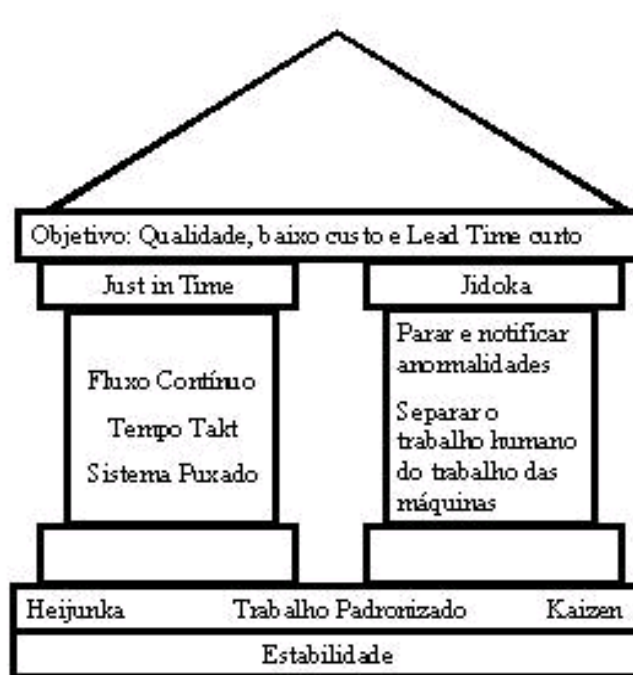


Figura 1. Casa do Sistema Toyota de Produção

2.3.2 OS OITO DESPERDÍCIOS

Um dos grandes segredos do sucesso do sistema lean é a busca constante pela eliminação de desperdícios. Considera-se desperdício toda atividade que consome tempo e recursos, mas não agrega valor ao produto, do ponto de vista do cliente final. Os oito principais desperdícios encontrados em qualquer processo produtivo são:

- *Intelectual* - qualquer atividade ou falha que consuma o tempo ou o talento de uma pessoa, sem agregar valor;
- *Superprodução* - produzir muito ou produzir antecipadamente;
- *Transporte* - todo e qualquer transporte acima do necessário, é considerado desperdício;
- *Movimentação* - qualquer movimentação que não agregue valor;
- *Reparos* - todo tipo de conserto que necessite ser realizado;
- *Processamento* - qualquer processamento extra;
- *Esperas* - esperar por produtos, espera por fim do ciclo de uma máquina, etc.;
- *Estoques* - qualquer estoque acima do mínimo necessário para se executar o trabalho.

De todos os desperdícios acima citados, o principal é o da superprodução. Quando se tem superprodução, que é produzir mais do que o necessário ou, antes do necessário, tem-se a necessidade de transporte de produto, formação de estoques, processamentos extras, como limpezas de peças em estoque, espera pela contagem de produtos, movimentação de pessoas, defeitos ocasionando reparos e controle de estoque, contagem, gerenciamento. Enfim, quando se tem superprodução, automaticamente todos os demais desperdícios acontecem.

2.4 FERRAMENTAS DA MENTALIDADE ENXUTA

Para que seja possível atingir os objetivos de uma empresa lean, que são, conforme visto na casa do modelo Toyota de produção, produtos de melhor qualidade, menor custo e produção e entrega com menor lead time, focando sempre a eliminação de desperdícios, a implementação do sistema lean conta com a ajuda de diversas ferramentas de trabalho, cada qual com seu campo de atuação e objetivos específicos. Tais ferramentas são:

- *Mapeamento do Fluxo de Valor* - Um mapa serve, basicamente, para mostrar o caminho que se precisa percorrer para ir do ponto A ao ponto B. O mapeamento do fluxo de valor, ou VSM (value stream mapping) também tem este mesmo objetivo. O VSM permite a visão do estado atual de todo o fluxo de valor de determinado produto ou família de produtos, servindo de base para a elaboração de um plano de ação que traga benefícios não apenas em pontos isolados da produção, e sim para toda a cadeia produtiva.
- *Padronização* - Ferramenta que utiliza o consenso e documentação das formas de se realizar uma atividade, buscando a menor variabilidade do produto, facilitando

o treinamento no posto de trabalho e desvios de ritmo e qualidade. A padronização também serve de base para a melhoria do processo produtivo, pois, uma vez tendo clara a forma de todos trabalharem, fica fácil visualizar onde o processo pode melhorar.

- *Gestão Visual* - Ferramenta que busca uma comunicação fácil e clara entre as pessoas e o meio ambiente, mostrando a situação atual e possibilitando a tomada de ações corretivas imediatas para que eventuais anormalidades retornem à condição normal.
- *5S* - Ferramenta de base que busca a melhoria do meio ambiente e a otimização da produção através do descarte de todo e qualquer material desnecessário ou em excesso na área de trabalho, a organização dos materiais necessários de forma a facilitar seu acesso, identificando e demarcando o local de cada item, e manutenção da limpeza e higiene do ambiente, limpando periodicamente e buscando formas de evitar e geração de sujeira. Busca também a padronização do posto de trabalho e a eliminação dos riscos de acidentes e condições desgastantes. A ferramenta dos 5S's é essencialmente cultural e comportamental, dependendo da disciplina das pessoas em manter e melhorar continuamente as condições de seu local de trabalho.
- *Manutenção Produtiva Total* - Ferramenta que busca garantir a estabilidade dos equipamentos através da manutenção de suas condições básicas, evitando ou retardando o desgaste. O TPM (Total Productive Maintenance) é também uma ferramenta de capacitação dos operadores do equipamento que, após receberem o treinamento adequado, passam a realizar atividades de inspeção e pequenos reparos, que antes eram de responsabilidade dos profissionais da área de manutenção. O grande objetivo do TPM é fazer com que os equipamentos estejam disponíveis para uso sempre que necessários, buscando a perda zero.
- *Toca Rápida de Ferramentas* - Ferramenta que busca reduzir o tempo de preparação e liberação dos equipamentos, após troca de moldes, ferramentas ou dispositivos. Tem importância fundamental na estabilidade e produtividade da fábrica, tornando possível a redução dos lotes de produção, reduzindo os estoques e o lead time. Quanto menor for o tempo de setup, mais produtivo será o equipamento, que ficará menos tempo parado para troca de moldes. Além disso, a redução do tempo de setup torna possível fazer mais setups em um mesmo período de tempo, possibilitando a redução do tamanho dos lotes de produção.
- *Organização celular* - A ferramenta de organização celular (Cell Design) busca o aumento de produtividade com maior conforto, através do estudo das pessoas, dos equipamentos, do material e do método de trabalho. O grande objetivo do Cell Design é possibilitar a produção em fluxo contínuo, eliminando diversos desperdícios como o transporte, os estoques, a movimentação e os retrabalhos.
- *Sistema Puxado* - A ferramenta de sistema puxado surgiu da análise da forma como funciona a reposição de materiais nos supermercados. Busca-se através do sistema puxado a produção de itens apenas para satisfazer o consumo real da área cliente, interna ou externa. A informação do que produzir é dada diretamente da área cliente, através do uso de dispositivos sinalizadores, que podem ser fichas, cartões ou sinais eletrônicos. A ferramenta Pull System (sistema puxado) deve ser implantada apenas nos locais onde não for possível a implantação do fluxo contínuo, que deve ser sempre a primeira opção a ser buscada.
- *Jidoka* - É a ferramenta que busca a qualidade na fonte. Isto se dá através do uso de dispositivos à prova de erros (pokayoke), que impedem a produção de itens defeituosos ou alertam a ocorrência de algum defeito ou anomalia. O Jidoka tem

como grandes aliados as ferramentas de Padronização, Gestão Visual e 5S, que também contribuem para a garantia da qualidade dos produtos.

- *Lean Office* - Ferramenta lean para uso nos ambientes administrativos. Da mesma forma que no ambiente operacional, onde existem desperdícios no fluxo de materiais, no ambiente administrativo os desperdícios também ocorrem, porém, geralmente no fluxo de informações. A ferramenta Lean Office busca tornar mais claros desperdícios nos escritórios e possibilitar a tomada de ações para a melhoria destes processos.

Estas são as principais ferramentas de implementação da mentalidade enxuta nas empresas e que podem ser utilizadas em qualquer organização. Diversas outras ferramentas também podem ser utilizadas em áreas específicas, como por exemplo, o LDG ou Lean Design Guide, que trata da aplicação da mentalidade enxuta nos laboratórios de desenvolvimento de produto.

O lean six sigma utiliza a ferramenta da qualidade seis sigma para resolver problemas de variação de processo difíceis de serem resolvidas. Utilizando-se de ferramentas estatísticas e experimentais, o seis sigma busca identificar as principais variáveis do processo que são potenciais geradores de defeitos.

A ferramenta 3P auxilia na elaboração de postos de trabalho ideais em termos de ergonomia, movimentação e produtividade e utiliza a elaboração de propostas sobre uma representação em escala da área a ser modificada ou criada.

2.4.1 SISTEMA DE MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

A ferramenta de Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*) é uma das principais ferramentas de estabilidade. Através dela, busca-se a perda zero dos equipamentos, fazendo-os funcionar de forma constante sempre que necessários.

Quando se fala em índices de confiabilidade dos processos ou equipamentos, geralmente se aceita como excelente, números maiores que 95%. Mas para algumas situações até uma confiabilidade de 99% pode não ser o bastante. Uma confiabilidade de 99% pode causar:



Figura 2. Situações com 99% de confiabilidade.

A ferramenta TPM tem o objetivo de gerar um índice de confiabilidade de 100% para os equipamentos e processos em geral.

Basicamente, a metodologia TPM trabalha com três pilares, sendo eles manutenção autônoma, manutenção planejada e melhoria específica.

Algumas empresas utilizam o TPM como modelo de gestão, aplicando então um total de oito pilares:

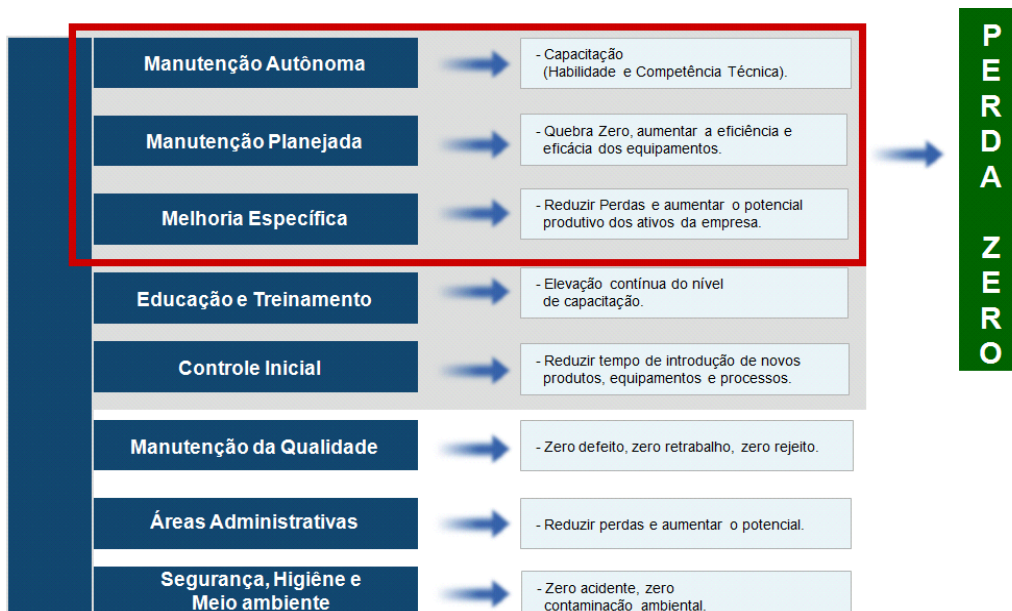


Figura 3. Pilares da Manutenção Produtiva Total

O pilar manutenção autônoma pode ser considerado um processo de capacitação dos operadores, com o propósito de torná-los aptos a promover, em seu ambiente de trabalho, mudanças que garantam altos índices de produtividade e qualidade sem desperdícios. Busca a melhoria da eficiência dos equipamentos desenvolvendo a capacidade dos

operadores para a execução de pequenos reparos e inspeções, mantendo o processo de acordo com os padrões estabelecidos, antecipando-se aos problemas potenciais. Neste pilar, os operadores dos equipamentos são capacitados a realizar algumas, como:

- Conservação;
- Pequenos reparos;
- Limpeza e inspeção com o objetivo de evitar quebras;
- Prevenir as 6 grandes perdas do equipamento;
- Buscar constantemente a quebra zero do equipamento;
- Monitoramento.

O pilar manutenção planejada consiste em elaborar um sistema de manutenção baseado no tempo e nas condições dos equipamentos. É planejar a manutenção a fim de tornar possível a detecção das falhas antes que elas aconteçam.

Busca a conscientização sobre as perdas decorrentes das falhas de equipamentos e a mudança de mentalidade dos departamentos de produção e manutenção, minimizando as falhas e os defeitos com o mínimo custo.

O pilar de melhoria específica busca promover a colaboração entre as áreas de manutenção e produção a fim de buscar melhorias no equipamento.

Torna-se necessário conhecer os indicadores do equipamento para que as ações sejam tomadas realmente onde houver maior necessidade. O controle dos indicadores tem fundamental importância no pilar melhoria específica.

Com a análise dos indicadores torna-se possível a identificação e eliminação das grandes perdas do equipamento (identificar os maiores índices de refugo, identificar os tempos de setup acima do padrão, identificar os maiores problemas de manutenção, identificar os produtos e horários que geram perda de ritmo, etc.).

O mais importante na implementação do TPM é que as perdas por pequenos reparos serão praticamente eliminadas, o operador terá liberdade para agir, dentro daquilo que é de seu conhecimento. Preparadores, ferramenteiros e todos os responsáveis diretos pelo set up, estarão livres desta mão-de-obra que pequenos consertos, o que lhes dará maior tempo para dedicação ao set up propriamente dito.

2.4.2 SISTEMA DE TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS

O sistema de troca rápida de ferramentas (TRF) surgiu no Japão e está ligado diretamente à Toyota Motors Corporation. As duas pessoas mais creditadas pelo sistema de TRF são Taiich Ohno e Shigeo Shingo.

Atividades de setup são todas as atividades de preparação, troca e ajustes realizadas durante a mudança do modelo a ser produzido em um equipamento ou processo. O tempo de setup é o tempo decorrente entre a última peça boa produzida do lote A, até a primeira peça boa produzida do lote B, aprovada e liberada para a produção.

•08:45•09:00•09:15•09:30•09:45•10:00•10:15•10:30•10:45•11:00•11:15•11:30•11:45•12:00•12:15•12:30

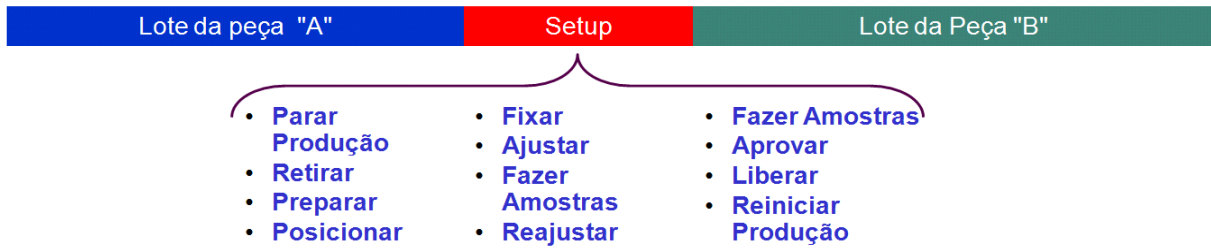


Figura 4. Tempo de Set up

Este tempo pode ser dividido em setup interno e setup externo. Setup interno é a classificação dada a todas as atividades que podem ser realizadas apenas com a máquina parada, enquanto setup externo são as atividades que podem ser realizadas enquanto a máquina ainda está em funcionamento, sendo antes ou depois da troca.

O uso da metodologia de troca rápida de ferramentas tem como objetivos:

- Reduzir o tempo de setup;
- Identificar e reduzir os gargalos;
- Reduzir o inventário de peças em processo e lotes de produção;
- Aumentar a flexibilidade da fábrica;
- Padronizar os procedimentos de trabalho, junto aos operadores;
- Reduzir os desperdícios e aumentar a capacidade produtiva das máquinas.

A diferença entre set up rápido e demorado é explicada através da figura a seguir:

Setup demorado

Tempo de Setup	Tamanho do Lote	Tempo Unitário da Operação Principal	Tempo Operacional	Relação (%)	
4h (240 min)	100	1 min	$1 \text{ min} + (240/100) = 3,4 \text{ min}$	100	-
4h (240 min)	1.000	1 min	$1 \text{ min} + (240/1000) = 1,24 \text{ min}$	36	100
4h (240 min)	10.000	1 min	$1 \text{ min} + (240/10000) = 1,024 \text{ min}$	30	83

Setup rápido

Tempo de Setup	Tamanho do Lote	Tempo Unitário da Operação Principal	Tempo Operacional	Relação (%)	
3 min	100	1 min	$1 \text{ min} + (3/100) = 1,03 \text{ min}$	100	-
3 min	1.000	1 min	$1 \text{ min} + (3/1000) = 1,003 \text{ min}$	97	100
3 min	10.000	1 min	$1 \text{ min} + (3/10000) = 1,0003 \text{ min}$	97	99

Figura 5. Comparação entre Set Up rápido e Set Up demorado

No primeiro quadro, tem-se um tempo de setup de 4 horas (240 minutos). Fazendo um lote de produção de 100 peças, com tempo de ciclo de 1 minuto por peça, pode-se dizer que o tempo é de 100 minutos produzindo e mais 240 minutos fazendo o setup (mais tempo em setup do que em produção). O tempo total será de 340 minutos, ou 5 horas e 40 minutos. Ao dividir este tempo entre as 100 peças produzidas, tem-se o tempo de 204 segundos ou 3 minutos e 24 segundos por peça (quase 3 vezes e meia o tempo de ciclo

normal da peça, sem considerar o tempo de setup). Neste caso, um lote de 100 peças é inviável para a produção.

Na linha de baixo, tem-se as mesmas 4 horas de setup para uma produção de 1000 peças. Tem-se, portanto 1240 minutos no total, dividido pelas 1000 peças, o tempo médio por peça é de 1 minuto e 24 segundos por peça. Um número bem melhor para a produção.

Ao se fazer a mesma análise para o tempo de setup de 3 minutos, tem-se, para a produção de 100 peças, um tempo médio por peça de 1 minuto e 2 segundos e o tempo médio para um lote de 1000 peças é de 1 minuto (o tempo de setup praticamente desaparece no tempo de produção). É por isso que, com a redução do tempo de setup, automaticamente se reduz o tamanho dos lotes de produção.

As atividades de setup podem ser divididas conforme a figura abaixo:

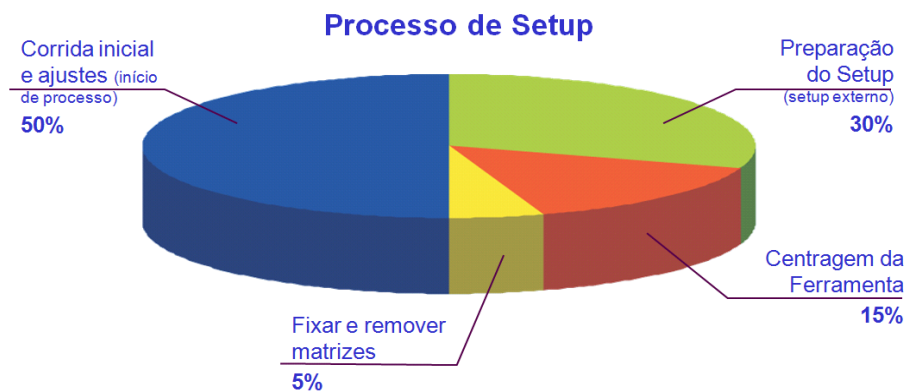


Figura 6. Gráfico de divisão do processo de Setup

Os ajustes realizados durante o início de processo absorvem o maior tempo de troca, seguido do tempo de setup externo e ajustes da ferramenta, sendo a retirada e colocação de ferramentas em si responsável por apenas 5% do tempo total de troca.

O processo de implementação da ferramenta de troca rápida se subdivide em oito etapas:

- *Documentar cada elemento* – Utiliza-se este momento para conhecer o sistema e tempo de setup atual, identificando as oportunidades de melhoria nas atividades realizadas. Utilizamos geralmente a análise ECRS (eliminar, combinar, reduzir, simplificar).
- *Separar atividades internas e externas* – Enquanto é feita a análise do estado atual, deve-se separar o que são atividades internas e o que são atividades externas, lembrando que as atividades internas são as realizadas com o equipamento parado e as atividades externas são as realizadas com o equipamento ainda em funcionamento.
- *Converter atividades internas em externas* – Shigeo Shingo descobriu que o maior ganho no tempo de setup está em transformar atividades de setup interno em atividades de setup externo. As atividades que hoje são realizadas com a máquina parada e que seria possível fazer com a máquina trabalhando devem ser identificadas. Usando a criatividade, diversas atividades internas podem ser convertidas em externas.
- *Identificar atividades paralelas* – Combinar atividades também trás um alto índice de redução no tempo de setup. Em equipamentos grandes, a introdução de uma segunda

pessoa para auxiliar no setup traz resultados expressivos. Isso reduz a movimentação do operador ao redor do equipamento, reduz a fadiga e agiliza a execução das atividades.

- *Dinamizar atividades internas e externas* – Após passar atividades internas a externas e combinar outras atividades, é necessário otimizar as atividades. É necessário se pensar em maneira para que uma atividade seja feita com maior velocidade. Ações muito simples podem ser tomadas, tais como aproximar as ferramentas, simplificar a fixação, etc.
- *Selecionar ideias para a implementação* – Utilizando algumas ferramentas de análise e solução de problemas, o grupo de trabalho ou os operadores e mantenedores em seu dia a dia devem propor ideias de melhoria para as atividades de setup.
- *Testar/verificar o novo procedimento* – Uma nova forma de se realizar o setup irá surgir com a tomada dessas ações. O grupo de trabalho deve testar este novo procedimento, identificando sempre as oportunidades ainda existentes.
- *Documentar os procedimentos nas folhas de processos* – Todas as pessoas envolvidas nas atividades de setup devem participar da elaboração de um procedimento padrão. O objetivo é que todos realizem as atividades da mesma forma, reduzindo muito o risco de erro na preparação, facilitando o treinamento de novos operadores e possibilitando a base para a melhoria contínua dos processos.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste na proposta de implantação dos sistemas TRF e TMP em uma empresa que fabrica peças automotivas através do processo de injeção de alumínio sob pressão.

Nesta empresa, os problemas de set up são os que causam maior tempo de parada de máquinas. Sendo que nos últimos seis meses o tempo de parada de máquinas por set up é praticamente o dobro do segundo problema apresentado nos indicadores.

Na sequencia desta seção serão apresentados os dados que revelam a situação das perdas por setup nesta empresa, durante o período entre junho e novembro do corrente ano. Além disso, serão relacionados os passos a serem seguidos para a redução dos tempos gastos com troca de ferramentas nesta empresa.

3.1 A SITUAÇÃO DA EMPRESA E LEVANTAMENTO DE DADOS

As informações contidas nesta secção expõem a real situação da empresa em questão, com relação aos tempos de parada.

SITUAÇÃO DA FÁBRICA POR PERÍODO (G014) - GRÁFICO DE PERDAS POR PARADAS (G014E)

PERÍODO: 01/06/2012 - 23/11/2012 - TODOS	SEXTA, 23/11/2012 10:39:57 - 1/4
MÁQUINA: INJ_1601	TEMPO DAS PARADAS: 01086:47:13
PRODUTO: SEM FILTRO	ÍNDICE DE PARADAS: 33,96%
	PERDAS POR PARADAS: 47471

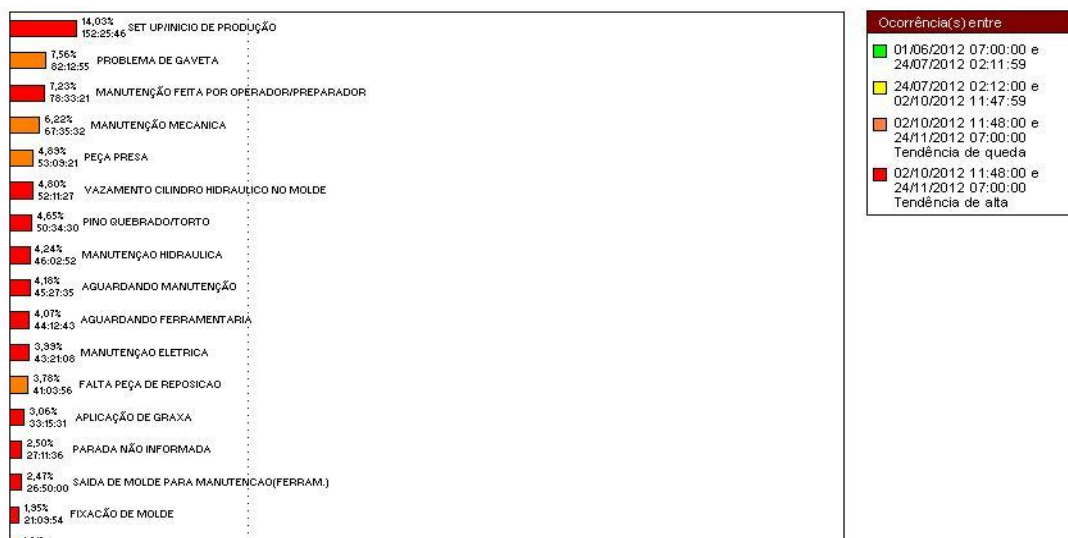


Figura 7. Gráfico de perdas por paradas

O gráfico acima demonstra todas as perdas por parada de máquina, e aponta a perda com setup como sendo a maior de todas somando mais de 150 horas paradas entre o período de 01 de junho de 2012 e 23 de novembro de 2012. Estas horas perdidas com setup equivalem a 14% de todas as paradas, o dobro do segundo maior motivo de perda por paradas, problema de gaveta, que equivale a 7,5% das paradas por perda.

Apenas com esta informação, já fica mais do que claro que ao resolver os problemas de setup, a fábrica produzirá muito mais, aumentando seu faturamento.

Ao analisar mais de perto as perdas com setup, tem-se informações importantíssimas para a redução deste desperdício de tempo.

O programa de computador responsável pelos indicadores de produtividade da empresa apontou que a máquina 1601 (máquina 1600 ton) é a responsável pela maioria deste tempo. Sendo assim, este estudo ateu-se à máquina 1601 e deparou-se com a seguinte situação:

Gráfico de Recorrência - Paradas (G014f)

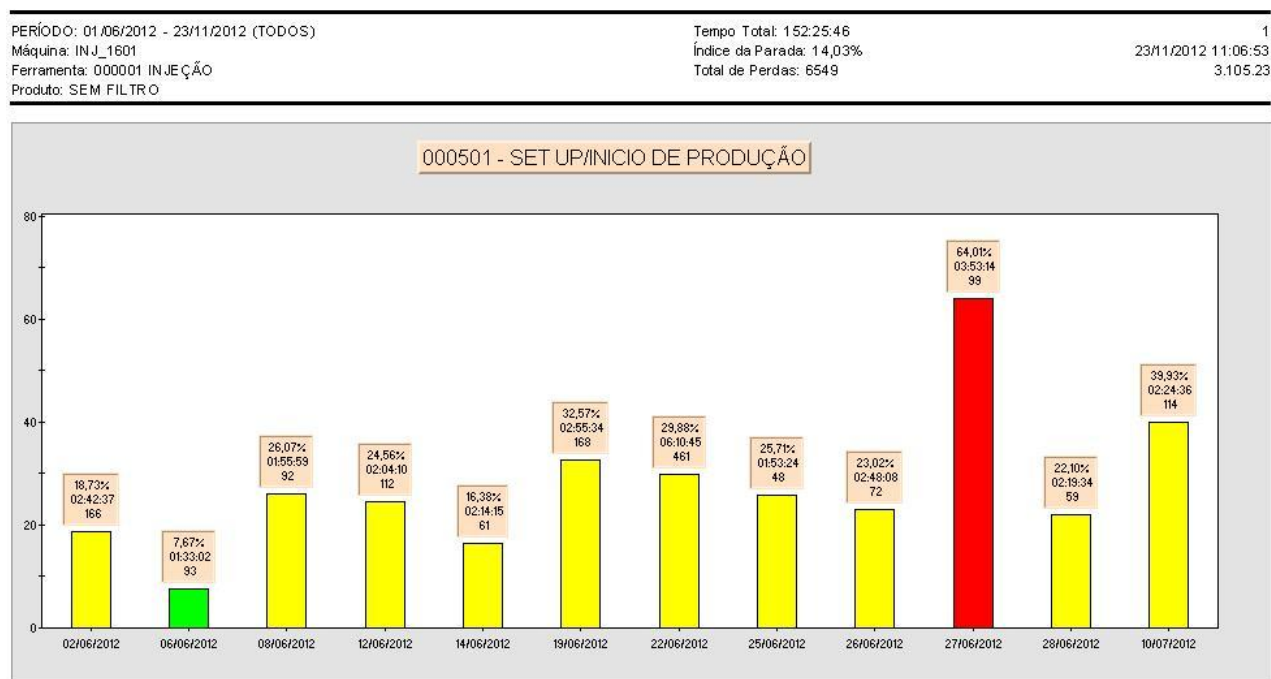


Figura 8. Gráfico de perdas por Setup máquina 1601 - a

Gráfico de Recorrência - Paradas (G014f)

PERÍODO: 01/06/2012 - 23/11/2012 (TODOS)
 Máquina: INJ_1601
 Ferramenta: 000001 INJEÇÃO
 Produto: SEM FILTRO

Tempo Total: 152:25:46
 Índice da Parada: 14,03%
 Total de Perdas: 6549

2
 23/11/2012 11:06:53
 3.105.23

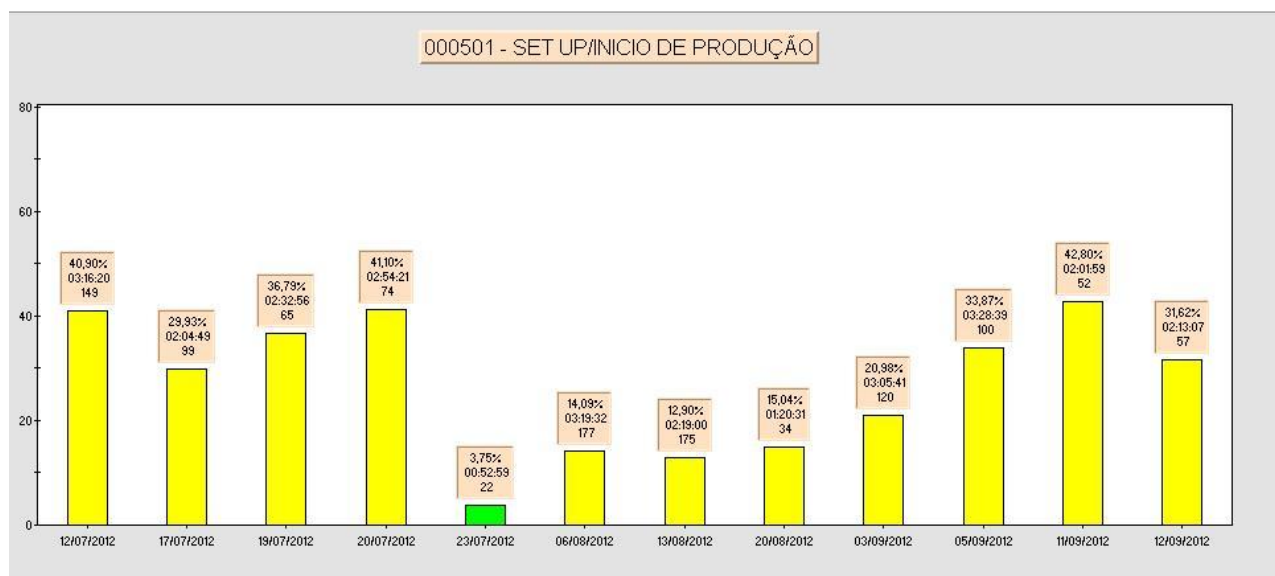


Figura 9. Gráfico de perdas por Setup máquina 1601 – b

Gráfico de Recorrência - Paradas (G014f)

PERÍODO: 01/06/2012 - 23/11/2012 (TODOS)
 Máquina: INJ_1601
 Ferramenta: 000001 INJEÇÃO
 Produto: SEM FILTRO

Tempo Total: 152:25:46
 Índice da Parada: 14,03%
 Total de Perdas: 6549

3
 23/11/2012 11:06:53
 3.105.23

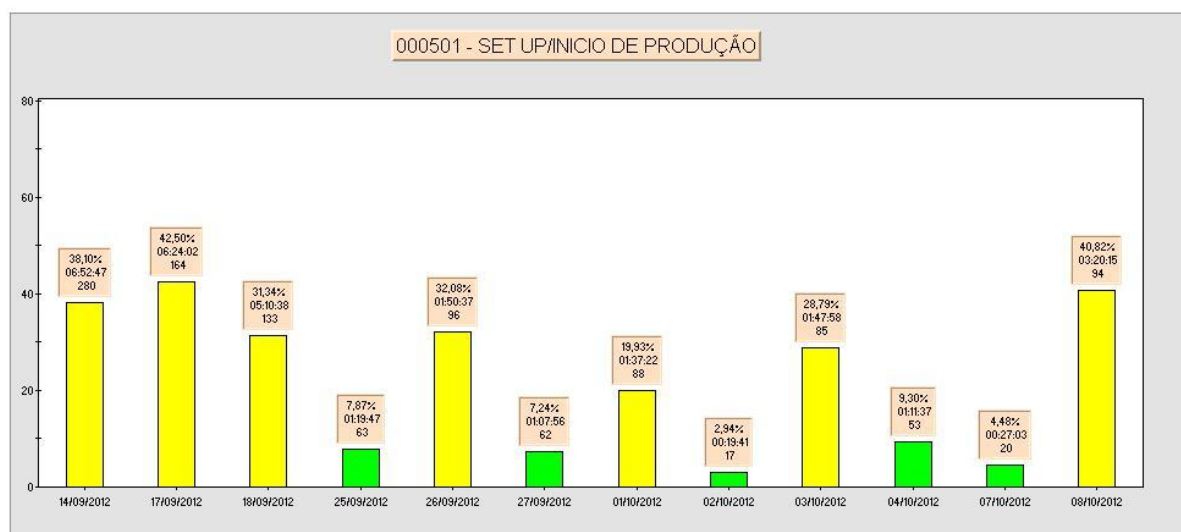


Figura 10. Gráfico de perdas por Setup máquina 1601 – c

Gráfico de Recorrência - Paradas (G014f)

PERÍODO: 01/06/2012 - 23/11/2012 (TODOS) Tempo Total: 152:25:46 4
 Máquina: IN_J_1601 Índice da Parada: 14,03% 23/11/2012 11:06:53
 Ferramenta: 000001 INJEÇÃO Total de Perdas: 6549 3.105.23
 Produto: SEM FILTRO

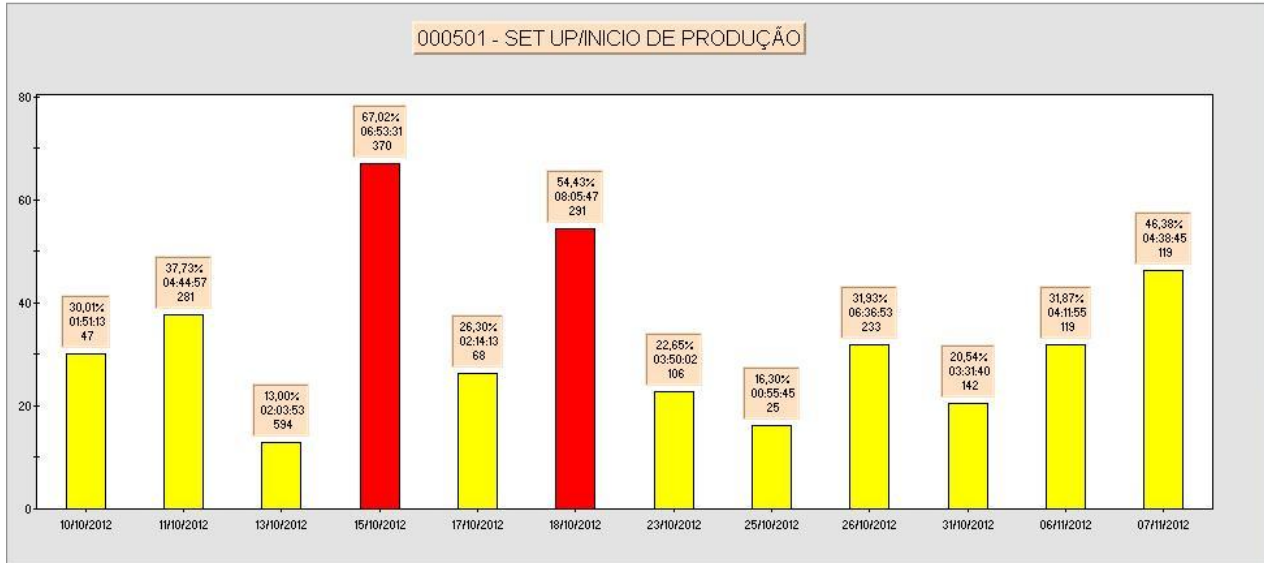


Figura 11. Gráfico de perdas por Setup máquina 1601 - d

Gráfico de Recorrência - Paradas (G014f)

PERÍODO: 01/06/2012 - 23/11/2012 (TODOS) Tempo Total: 152:25:46 5
 Máquina: IN_J_1601 Índice da Parada: 14,03% 23/11/2012 11:06:53
 Ferramenta: 000001 INJEÇÃO Total de Perdas: 6549 3.105.23
 Produto: SEM FILTRO

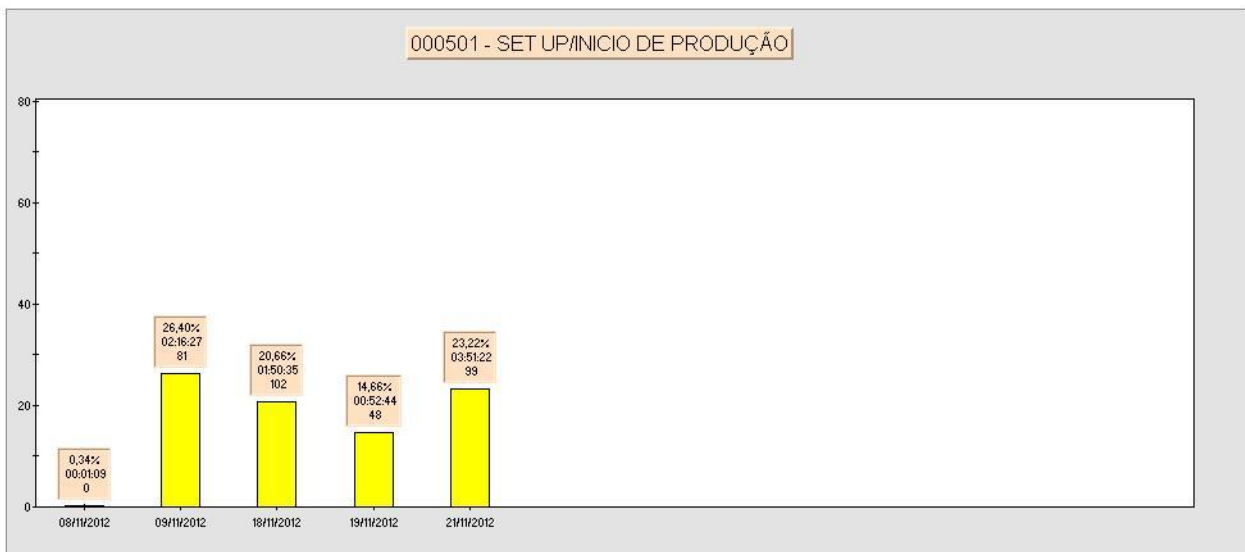


Figura 12. Gráfico de perdas por Setup máquina 1601 - e

A sequencia de gráficos expõe dia-a-dia os tempos gastos com setup na máquina 1601 e a partir desta informação, gerou-se o seguinte gráfico:

Pareto de Produtos - Perdas por Parada (G014g)

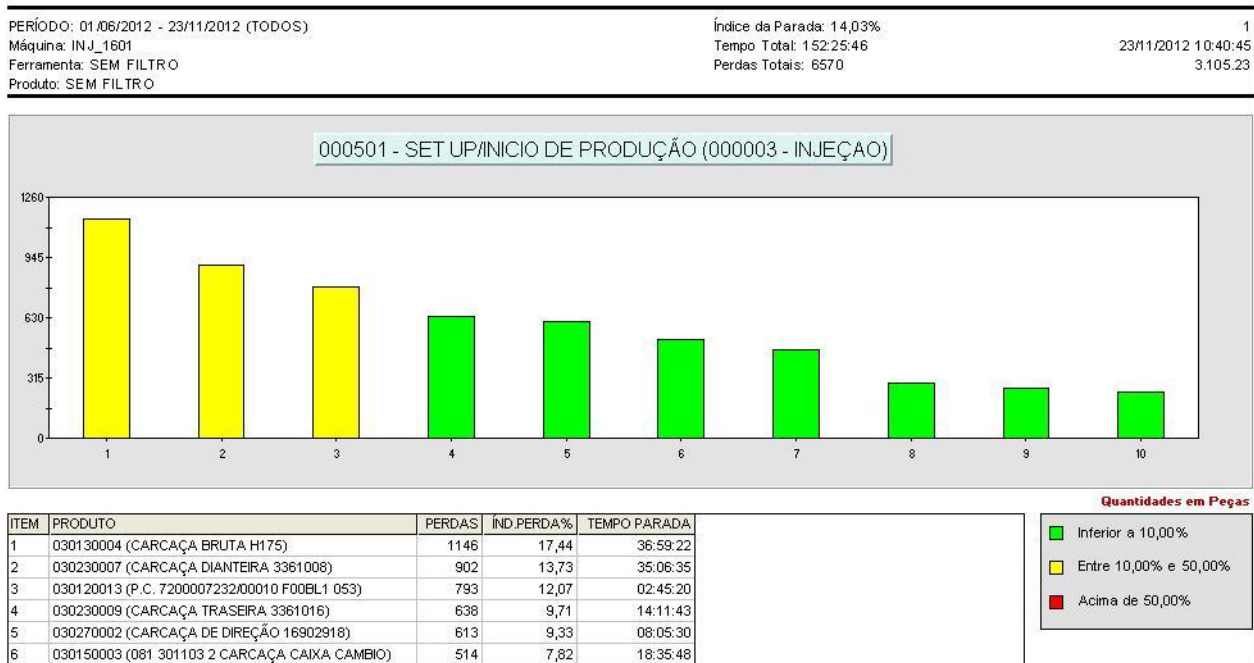


Figura 13. Pareto de produtos da máquina 1601

Através do Pareto de produtos, descobriu-se que o produto de maior criticidade é a Carcaça Bruta H175. Trata-se de um produto de peso elevado, aproximadamente 6 Kg, e que só pode ser fabricado nesta máquina, devido à tonelagem.

Com estas informações é possível a partir de agora elaborar um plano de ação que venha reduzir o tempo perdido com a troca da ferramenta utilizada para a produção da Carcaça Bruta H175, na máquina 1601.

3.2 PLANO DE AÇÃO

Em primeiro lugar deve-se tratar do planejamento destas mudanças. E para que haja a mudança, a primeira coisa é convencer a alta gerência. A maneira mais simples de se fazer isto é mostrando a situação real da empresa, expondo os problemas e o quanto as melhorias irão beneficiar a empresa. Conforme explicitado na secção anterior.

Tendo o comprometimento da alta gerência e as metas estabelecidas, é hora de pensar na equipe envolvida neste projeto.

É sobremaneira importante que cada pessoa envolvida tenha um alto nível de comprometimento. Além disso, todos devem estar por dentro do assunto. É importante que todos passem por treinamentos sobre manufatura enxuta, TRF e TPM.

3.3 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA DE SETUP PADRONIZADO

Existem várias áreas envolvidas no procedimento de setup. A proposta de padronização apresentada neste trabalho será dividida por áreas responsáveis.

3.3.1 PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

O primeiro passo para esta padronização é que a programação da produção seja coerente. O setor responsável pela programação e controle de produção - PCP – deve atentar para alguns detalhes na hora de programar a produção. Detalhes como a relação de carga-máquina, ou seja, a relação de qual máquina está apta a produzir determinado produto. Muitas vezes, pensando em ganhar tempo, o PCP acaba programando um produto para uma máquina não-compatível, que é o mesmo que jogar tempo e dinheiro no lixo. Obedecer o carga-máquina é garantir, no que diz respeito à programação, que o produto terá boa qualidade e que o processo irá fluir.

3.3.2 MANUTENÇÃO DE MOLDES

O setor de manutenção de moldes, mas conhecido como Ferramentaria deve fazer sua parte deixando os moldes sempre em ordem, padronizando a manutenção, obedecendo prazos para manutenção preventiva, e não descuidando de qualquer irregularidade que a ferramenta venha a apresentar.

A elaboração de um procedimento para manutenção, com checklist a ser preenchido após o serviço é a maneira mais garantida de que o setor está trabalhando para que o molde entre em máquina nas melhores condições possíveis. Este procedimento para execução de manutenção de moldes e o Checklist de Ferramentaria, encontram-se no apêndice deste trabalho.

3.3.3 PRODUÇÃO

A maior parte da responsabilidade pela padronização do setup fica com o setor de Produção, que é o setor que efetivamente irá realizar o setup.

O primeiro passo é elaborar um roteiro para realização do setup fazendo com que o setup externo, ou seja, fora da máquina, seja maior que o setup interno, no qual é necessário que a máquina esteja totalmente à disposição. O roteiro de setup externo deve conter os seguintes passos:

- Identificação da próxima ferramenta a entrar na máquina;
- Verificação das condições da ferramenta;
- Aproximação do molde até a máquina injetora;
- Preparação de todas as ferramentas necessárias durante a troca de molde;
- Aproximação da ponte rolante com cabo de aço;

- Retirada do molde anterior, após a última injetada.

Após a realização de todas as atividades que podem ser feitas com a máquina ainda produzindo o produto anterior, é necessário que se prepare o roteiro de setup interno:

- Fechamento de registros;
- Desconexão de mangueiras de refrigeração;
- Remoção de desprogramação do molde anterior e seus componentes;
- Colocação e programação do molde novo.

Este roteiro completo pode ser encontrado no apêndice deste trabalho.

Diante de todas estas ações, é possível que se tenha uma redução significativa no tempo de set up de qualquer processo, em qualquer segmento industrial.

4 ANÁLISE E DISCUSSÕES

As etapas de implementação dos sistemas de troca rápida de ferramenta e de manutenção produtiva total, devem ser acompanhados com grande dedicação. Cada detalhe será importante para a análise dos resultados.

É necessário que os tempos de set up sejam acompanhados de perto, e que sejam comparados com os tempos antigos. Deve-se observar se os operadores estão realmente agindo na correção de pequenos problemas.

Reuniões são fundamentais quando se está aplicando um sistema novo, dúvidas sempre surgiram e é importante que todas sejam expostas. Quem está a frente do projeto deve saber ouvir, para ser o canal de comunicação entre todos os envolvidos.

A coleta de dados deve ser feita religiosamente, cada informação que seja perdida pode fazer grande diferença.

4.1 CICLO PDCA

O ciclo PDCA também é uma ferramenta da manufatura enxuta. Ele é baseado no método científico de se propor uma mudança em um processo, implementar essa mudança, analisar os resultados e tomar as providências cabíveis. O ciclo é dividido em quatro estágios:

- *Planejar* - determinar os objetivos de um processo e as mudanças necessárias para alcança-los;
- *Fazer* - implementar as mudanças;
- *Verificar* - avaliar os resultados em termos de desempenho;
- *Agir* - padronizar e estabilizar a mudança ou iniciar o ciclo novamente, dependendo dos resultados.

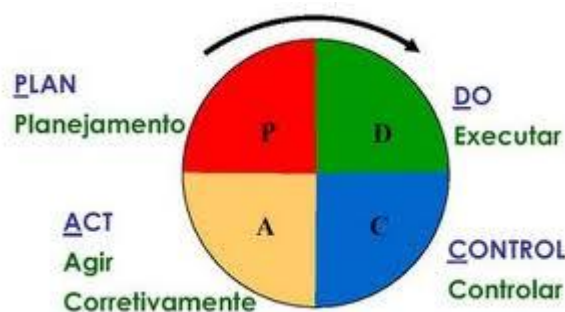


Figura 14 Ciclo PDCA

Diante de todas as vantagens da implantação da troca rápida de ferramentas, não há dúvidas de que os tempos de set up serão reduzidos, e a partir dos primeiros resultados estas reduções já interferirão não só no processo, mas também no faturamento da empresa. A redução de set up interno e o aumento de set up externo, darão ao processo uma maior liberdade para fazer um número maior de set ups, o que proporciona à empresa novos negócios.

As condições das ferramentas também devem ser sempre observadas. Um molde em más condições terá um maior tempo de preparação, poderá apresentar problemas inesperados e ainda tem a possibilidade de produzir com baixa qualidade. Já um molde em boas condições, não precisa de muito tempo de preparação e é garantia de produto de qualidade.

Informações entre os setores envolvidos devem sempre chegar em tempo hábil. A comunicação entre Produção, PCP e Manutenção de Ferramentas, deve ser a melhor possível, pois são estes setores que garantirão uma maior agilidade na troca da ferramenta.

4.2 SETUP RÁPIDO

Os objetivos do setup rápido são:

- Deixar o molde disponível o mais próximo possível da máquina;
- Aquecimento prévio dos moldes
- Padronização de buchas, hastes de injeção, pistões, sempre tratando da vida útil de cada item, identificando, e sempre que possível, ter reservas destes periféricos;
- Padronização de checklists
- Implementação de indicadores, reuniões e planos de ação;

A metodologia descrita na secção anterior deve ser seguida a risca por um mês, e depois disso é necessário que se comece outros planos, baseando-se na melhoria contínua. É necessário que se aproveite tudo o que deu certo neste caso e aplicar para outros produtos e outras máquinas, cada um terá desafios e resultados diferentes.

4.3 SMED

SMED é uma sigla do inglês (*Single Minut Exchange of Die*), que pode ser traduzida como **troca em um dígito**, ou seja, é o set up que demora menos de dez minutos. Todas as atividades de preparação de máquina entre a última peça boa do lote A e a primeira peça boa do lote B devem ser realizadas num tempo que vai de zero a nove minutos.

Pode parecer impossível, mas para moldes de menor volume, há relatos de que é viável.

Se todos os processos caminhassem de olho numa meta SMED, com certeza os tempos de set up reduziriam visivelmente, mesmo sem chegar a um dígito.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Qualquer processo que tenha em mente o modelo de produção enxuta trará à empresa a redução de desperdício e o aumento do faturamento. Os princípios lean podem ir além dos processos produtivos, pode ser uma filosofia de vida, são ensinamentos aplicáveis a qualquer situação.

Toda e qualquer atividade que possa reduzir os tempos de set up sempre são bem vindas, tais como aumento de set up externo e redução de set up interno, padronização de processos, trabalho de 5S durante o set up, etc.

Os sistemas de TRF e TPM estão cada vez mais versáteis e suas aplicações são de fácil procedimento e rentabilidade visível. Um projeto de implementação desses sistemas, com pessoas envolvidas comprometidas e dominantes do assunto, análises críticas necessárias, acompanhamento dos processos e resultados, não tem como não dar certo. Trata-se de pouco investimento, com resultado imediato.

REFERÊNCIAS

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed.São Paulo: Atlas, 2002.

ANTUNER JR., José Antonio Valle; RODRIGUES, Luís Henrique. **A teoria das restrições como balizadoras das ações visando a troca rápida de ferramentas**.

SHINGO, Shingeo. **Study of Toyota productions system from industrial engineering Veiwpoint**. Japan Management Association, Shiba-part Mimatoku, Tokyo, Japan, 1981.

SHINGO, Shingeo. **A revolution in manufacturing: the SMED System**. Productivy Press, Cambridge, 1983.

HARMON, R. L.;Peterson, Leroy D. – **Reinventando a Fábrica II – Conceitos modernos da produtividade aplicador na prática**. Editora Campus Ltda., Rio de Janeiro, 1991.

FOGLIATTO, Flávio Sanson; FAGUNDES, Paulo Ricardo Motta. **Troca rápida de ferramentas: proposta metodológica e estudo de caso**. 2003.

GHINATO, P. **Sistema Toyota de produção: mais do que simplesmente *Just in time***. Caxias do Sul, Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM – total productive maintenance**. Cambridge, MA. Productivity Press, 1988.

SHINGO, S. **Sistema de troca rápida de ferramenta**. Porto Akegre, Bookman, 2000.

NEUMANN, Carla S. R.; RIBEIRO, José L. D. **Desenvolvimento de fornecedores: um estudo de caso utilizando a troca rápida de ferramentas**. 2004.

VENJARA, Y. **Setup savings manufacturing engineering**. 1996.

APÊNDICE A

Roteiro para setup

ROTEIRO PARA SET-UP TIME INJETORAS

RETIRADA / COLOÇÃO DO MOLDE

Preparação externa

- 1 Identificar qual a próxima ferramenta a ser colocada.
- 2 Verificar se molde a ser colocado esta OK.
- 3 Aproximar o molde da injetora .
- 4 Preparar todas as ferramentas necessária para a troca do molde.
- 5 Aproximar a ponte rolante, com cabo de aço.
- 6 APÓS A ÚLTIMA INJETADA (Iniciar a retirada do molde).

Retirada

- 7 Fechar todos os registros de água.
- 8 Desconectar todas as mangueiras de refrigeração
- 9 Retirar gavetas mecânicas ou hidráulica se necessário, para facilitar a saída do molde evitando a retirada da coluna. Obs: Porém é necessário saber se molde a ser colocado, necessita ou não da retirada do mesmo.
- 10 Fechar molde
- 11 Desprogramar machos (gavetas hidráulicas) se o molde tiver este tipo de gaveta.
- 12 Desconectar mangueiras hidráulica e cabos de micros da máquina se molde possuir.
- 13 Reduzir velocidades de abertura e fechamento através das válvulas correspondentes.
- 14 Posicionar a ponte, ancorar o gancho nos olhais e tencionar o cabo.
- 15 Soltar porcas da barra extratora.
- 16 Soltar castanhas da parte móvel do molde.
- 17 Abrir a máquina
- 18 Soltar barras extratoras do molde.
- 19 Fechar a máquina.
- 20 Soltar castanhas da parte fixa do molde.
- 21 Desencaixar molde da bucha máquina.
- 22 Abrir curso da máquina.
- 23 Retirar as barras extratoras.
- 24 Soltar e afastar uma (01) ou as duas (02) colunas (se necessário).
- 25 Levantar molde, retirar da injetora.
- 26 Colocar molde sobre o pallet.
- 27 Com carrinho hidráulico ou empilhadeira remover molde da área da injetora.

COLOCAÇÃO DO MOLDE

- 28 Aproximar molde na injetora.
- 29 Checar centro de injeção, se não compatível mudar o mesmo.

Procedimento para mudar centro de injeção.

- 30 Desligar a máquina.
- 31 Fechar água do pistão.
- 32 Retirar mangueiras de água da haste prensadora.
- 33 Retirar haste prensadora.
- 34 Retirar bucha de injeção (máquina)
- 35 Retirar porta bucha.
- 36 Montar porta bucha na posição do centro desejado.

- 37 Montar bucha de injeção com diâmetro correspondente ao da bucha molde.
- 38 Soltar todos parafusos da placa de ancoramento.
- 39 Ligar máquina
- 40 Abrir a válvula de óleo, subir cabeçote.
- 41 Retirar calço.
- 42 Colocar calço correspondente ao centro de injeção.
- 43 Desligar a máquina.
- 44 Abrir a válvula de óleo, descer cabeçote.
- 45 Apertar todos os parafusos da placa de ancoramento.
- 46 Montar haste prensadora, conectar mangueiras de refrigeração, abrir registro de água.
- 47 Levantar e posicionar o molde na injetora.
- 48 Colocar tarugo centralizador na bucha do molde.
- 49 Encaixar o molde na bucha de injeção da máquina e centralizar.
- 50 Aproximar placa móvel da máquina.
- 51 Identificar furos e posicionar barras extratoras.
- 52 Recolocar as colunas da máquina (se caso as mesma foram retiradas).
- 53 Fechar curso da máquina até atingir pressão de fechamento.
- 54 Fixar com castanhas a parte fixa do molde
- 55 Abrir a máquina.
- 56 Fixar barras extratoras na placa móvel do molde.
- 57 Fechar máquina.
- 58 Fixar com castanhas a parte móvel do molde.
- 59 Retirar ponte rolante do molde.
- 60 Colocar porcas da barra extratora.
- 61 Abrir a máquina
- 62 Retirar tarugo centralizador
- 63 Montar cilindro hidráulico / Gaveta mecânica / Cabos de micros / Conectar mangueiras /
- 64 Conectar cabos de micros, caso o molde necessite ser colocado sem os mesmo.
- 65 Programar machos (gaveta hidráulica) de acordo com a sequência de funcionamento,
- 66 se o molde possuir este tipo de gaveta.
- 67 Ligar e regular todas as mangueiras de refrigeração (água).
- 68 Regular velocidade de fechamento e abertura.
- 69 Fazer fechamento do molde, pressão final.
- 70 Regular parâmetros de injeção conforme (FIT)
- 71 Aquecer molde com maçarico.
- 72 Iniciar a injeção com Zamac.
- 73 Injetar peças em alumínio.
- 74 Verificar qualidade das peças.
- 75 Fazer ficha de liberação (início de produção)
- 76 Liberar injetora para produção.
- 77 Toda manutenção da preparação feita após a liberação de produção, será considerada como preparação mal feita.
- 78 Retirar todas as ferramentas utilizadas do local.
- 79 Levar o molde retirado da injetora para local apropriado, ou encaminhá-lo a ferramentaria, caso necessite de manutenção.

APÊNDICE B

Procedimento para execução de manutenção preventiva de ferramentais da Injeção

- Executar manutenção preventiva conforme quantidade de injetadas e tipo de molde. Realizar a manutenção preventiva com 20.000 a 25.000 injetadas seguindo Planilha de Vida Útil do Molde (**FR-A6-05**), a qual se encontra anexada no quadro da Ferramentaria.

- Procedimento para moldes com gavetas mecânicas e hidráulicas:
 1. Desmontagem do molde;
 2. Execução de fechamento de cunhas, gavetas e face entre parte móvel e parte fixa do molde;
 3. Teste de micros elétricos fim de cursos e cilindros hidráulicos;
 4. Limpeza de canais de refrigeração das matrizes e gavetas;
 5. Montagem do molde;
 6. Teste de micros elétricos fim de cursos (Estampos);
 7. Afiação das facas de corte (Estampos).

- Procedimento para moldes sem gavetas mecânicas e hidráulicas:
 1. Desmontagem do molde;
 2. Execução de fechamento das faces entre parte móvel e parte fixa;
 3. Limpeza de canais de refrigeração das matrizes;
 4. Montagem do molde;
 5. Teste de micros elétricos fim de cursos (Estampos);
 6. Afiação das facas de corte (Estampos).

- A manutenção preventiva deve ser registrada pelo ferramenteiro executante através da verificação dos itens preventivos do Check List de Manutenção de Molde (**FR-A6-13**) e no campo específico do Relatório Final de Produção – RFP (**FR-A6-15**).

*Adaptado de Gerenciamento da Manutenção de Ferramentas da Injeção (PQ-A6-01-01).

APÊNDICE C

Check list de manutenção de moldes

