

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS – UNIS/MG
ENGENHARIA MECÂNICA
DANIEL DE FARIA

**IMPLANTAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING PARA AUMENTO DE
PRODUTIVIDADE EM UMA EMPRESA DE REATORES**

Varginha

2011

FEPESMIG

DANIEL DE FARIA

**IMPLANTAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING PARA AUMENTO DE
PRODUTIVIDADE EM UMA EMPRESA DE REATORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas - UNIS/MG como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel sob orientação do Prof. Mairo Mazzeu Silveira.

Varginha

2011

DANIEL DE FARIA

**IMPLANTAÇÃO DO LEAN MANUFACTURING PARA AUMENTO DE
PRODUTIVIDADE EM UMA EMPRESA DE REATORES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
ao curso de Engenharia Mecânica do Centro
Universitário do Sul de Minas – UNIS/MG,
como pré-requisito para obtenção do grau de
bacharel pela Banca Examinadora composta
pelos membros:

Aprovado em / /

Prof. Ms. Mairo Mazzeu Silveira

Prof. Ms. Alexandre de Oliveira Lopes
Coordenador de Engenharia Mecânica

Prof. Ms. Alexandre de Oliveira Lopes

mwv

Prof. Ms. Luiz Carlos Vieira Guedes

OBS.:

FEPESMIG

Dedico este trabalho aos meus familiares que
contribuíram para garantir minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que está comigo a todo tempo, confortando, sustentando e fortificando. Aos meus familiares que me deram suporte durante todo esse período. À minha noiva Paula pela compreensão e auxílio em todos os momentos.

“Ora, aquele que é poderoso para fazer infinitamente mais do que tudo quanto pedimos ou pensamos, conforme o seu poder que opera em nós, a ele seja a glória...”

Efésios 3:20

RESUMO

Este trabalho aborda a respeito da escolha de um determinado sistema de produção por uma empresa sendo resultado de uma decisão estratégica tomada de acordo com os objetivos que a mesma busca atingir dentro de sua realidade de mercado. A forma da gestão irá afetar diretamente no desempenho do sistema de produção, no que diz respeito aos aspectos competitivos da manufatura como: custo, qualidade, velocidade de entrega, confiabilidade e flexibilidade. Assim, o sucesso do sistema produtivo de uma empresa dependerá do conjunto de fatores como: estrutura, recursos humanos, nível de automação e sistema de gestão. Este trabalho foi desenvolvido numa empresa fabricante de reatores, onde se procurou como objetivo principal responder a seguinte questão: A filosofia Lean auxilia na diminuição de desperdícios e conseqüentemente no aumento da produtividade? E também programar os conceitos básicos e introdutórios do Lean Manufacturing para aumento de produtividade através da revisão bibliográfica do assunto. Dentro deste contexto, propôs-se mudanças na empresa com vistas a implantação do Manufatura Lean para o aumento de produtividade. Postulou-se que a filosofia Lean Manufacturing é adequada e necessária para se estabelecer métodos de diminuição de desperdícios e conseqüentemente aumento de produtividade nas empresas.

Palavras-chave: Manufatura Lean; Aumento de Produtividade; Diminuição de Desperdícios.

ABSTRACT

This article focuses on the choice of a particular system of production by a company being the result of a strategic decision taken in accordance with the objectives that it seeks in your market reality. The way the management will directly affect the performance of the production system, with regard to the competitive aspects of manufacturing as: cost, quality, delivery speed, reliability and flexibility. Thus, the success of the production system of a company depends on the set of factors such as structure, human resources, automation and management system. This study was developed in a reactor manufacturing company, where the main objective was tried to answer the following question: The Lean Manufacturing helps in the reduction of waste and therefore increased productivity? And also set the basic introductory concepts of Lean Manufacturing to increase productivity through the literature review about the subject. Within this context, it proposed changes in the company with a view to implementation of Lean Manufacturing for increased productivity. It was postulated that Lean Manufacturing is appropriate and necessary to establish methods for the reduction of waste and thus increase productivity in companies.

Keywords: *Lean Manufacturing, Increase Productivity, Decrease Waste.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 01 – Produção da empresa..... | 19 |
| Figura 02 – Comparativo entre as fábricas da empresa..... | 20 |
| Figura 03 – Produtividade da empresa..... | 21 |
| Figura 04 – Takt time de inserção manual anterior as mudanças..... | 23 |
| Figura 05 – Takt time anterior as mudanças | 23 |
| Figura 06 – Balanceamento de operações anterior as mudanças..... | 24 |
| Figura 07 – Takt time de inserção manual após as mudanças..... | 25 |
| Figura 08 – Produtividade após a redução do takt time de inserção manual..... | 26 |
| Figura 09 – Redução do tempo de teste dos equipamentos..... | 26 |
| Figura 10 – Takt time após as mudanças..... | 27 |
| Figura 11 – Redução do tempo de set up..... | 27 |
| Figura 12 – Balanceamento de operações após as mudanças..... | 28 |
| Figura 13 – Resultados gerais..... | 29 |
| Figura 14 – Produtividade da empresa após as mudanças..... | 29 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 11 |
| 2. LEAN MANUFACTURING | 11 |
| 2.1 ORIGEM DA PALAVRA <i>LEAN</i> | 13 |
| 2.1.1 Ferramentas do <i>Lean Manufacturing</i> | 14 |
| 2.1.1.1 <i>Housekeeping</i> - 5s..... | 14 |
| 2.1.1.2 Célula de Manufatura..... | 14 |
| 2.1.1.3 Kanban..... | 15 |
| 2.2 <i>BENCHMARKING</i> | 16 |
| 2.3 <i>KAIZEN</i> | 16 |
| 2.4 MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR (<i>VALUE STREAM MAPPING</i>)..... | 16 |
| 2.5 <i>SET UP</i> (TROCA RÁPIDA)..... | 17 |
| 2.6 <i>MILK RUN</i> | 17 |
| 2.7 HEIJUNKA (NIVELAMENTO DA PRODUÇÃO)..... | 18 |
| 2.8 <i>POKA IOKE</i> | 18 |
| 2.9 MANUTENÇÃO AUTÔNOMA – <i>TMP</i> | 18 |
| 2.10 NECESSIDADE DO <i>LEAN MANUFACTURING</i> NA EMPRESA..... | 19 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 21 |
| 3.1 IMPLANTAÇÃO DO 5S..... | 22 |
| 3.2 BAIXA EFICIÊNCIA DAS INSERSORAS AUTOMÁTICAS..... | 22 |
| 3.3 REDUZIR TAKT <i>TIME</i> DE INSERÇÃO MANUAL..... | 22 |
| 3.4 AUTOMATIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS..... | 23 |
| 3.5 GERENCIAMENTO VISUAL..... | 24 |
| 3.6 REDUÇÃO DO <i>SET UP</i> | 24 |
| 3.7 REDUÇÃO DE TEMPO DE CICLO DA AUTO <i>SPLICE</i> | 24 |

| | |
|--|-----------|
| 4. RESULTADOS..... | 25 |
| 4.1 RESULTADOS OBTIDOS COM O 5S..... | 25 |
| 4.2 BAIXA EFICIÊNCIA NAS INSERSORAS AUTOMÁTICAS..... | 25 |
| 4.3 REDUÇÃO DE TAKT <i>TIME</i> NA INSERÇÃO MANUAL..... | 25 |
| 4.4 AUTOMATIZAÇÃO DE EQUIPAMENTOS..... | 26 |
| 4.5 GERENCIAMENTO VISUAL..... | 27 |
| 4.6 REDUÇÃO DO TEMPO DE <i>SET UP</i> (TROCA DE MODELO DE REATORES)..... | 27 |
| 4.7 REDUÇÃO DO TEMPO DE CICLO DA AUTO <i>SPLICE</i> | 28 |
| 4.8 RESULTADOS GERAIS..... | 28 |
| 5 DISCUSSÃO..... | 29 |
| 6 CONCLUSÃO..... | 30 |
| REFERÊNCIAS..... | 32 |
| APÊNDICE A – MAPA DE FLUXO DE VALOR..... | 34 |
| APÊNDICE B – PLANO DE AÇÃO..... | 35 |

1 INTRODUÇÃO

A escolha de um determinado sistema de produção por uma empresa é resultado de uma decisão estratégica tomada de acordo com os objetivos que a mesma busca atingir dentro de sua realidade de mercado. A forma da gestão irá afetar diretamente no desempenho do sistema de produção, no que diz respeito aos aspectos competitivos da manufatura como: custo, qualidade, velocidade de entrega, confiabilidade e flexibilidade. Assim, o sucesso do sistema produtivo de uma empresa dependerá do conjunto de fatores como: estrutura, recursos humanos, nível de automação e sistema de gestão. Isoladamente, a implantação de um sistema de administração de manufatura não garante o sucesso competitivo da empresa.

O *Lean Manufacturing* é a denominação da concepção do sistema de produção ou paradigma que teve origem na indústria japonesa na década de 1950, especificamente, na Toyota Motor Company a partir do trabalho desenvolvido por Taiichi Ohno e Eiji Toyota.

O Sistema *Lean* recebeu maior atenção, após a crise do petróleo em 1973, quando a empresa adotou a estratégia de produzir muitos modelos em pequenas quantidades e tornou a Toyota competitiva e eficiente. O Sistema *Lean Manufacturing* visa o processo de melhoria da produção com o combate às fontes de desperdícios e totalidade do fluxo produtivo, além da preocupação com aspectos e questões ambientais; maior interação do cliente final na customização do produto; criação de mecanismos para estimular a fidelidade à marca; montagem de componentes em módulos e a rápida configuração do chão de fábrica das empresas.

Com a globalização, as empresas necessitam tornarem-se mais competitivas para garantir a sustentabilidade dos seus negócios e manterem-se atuantes no mercado. Para obter vantagens competitivas, a empresa analisada, passou a utilizar o conceito *Lean Manufacturing* com o objetivo de obter o aumento da produtividade, a redução de custos e a melhoria do nível de qualidade.

O presente trabalho visa demonstrar que a metodologia *Lean* é uma poderosa ferramenta através da qual as pessoas são levadas, pela disciplina, coerência e cadência a fazerem sempre o correto. Suas ferramentas básicas auxiliam na resolução do que se vê de desperdícios na fábrica, abrindo espaço ao aumento de produção (GODINHO; FERNANDES, 2004).

2 LEAN MANUFACTURING

O *Lean Manufacturing* ou Manufatura Enxuta, também conhecida como Sistema Toyota de Produção (STP), teve início na década de 1950, no Japão, mais especificamente na Toyota. Eiji Toyota e Taiichi Ohno, da Toyota, perceberam que a manufatura em massa não funcionaria no Japão e, então, adotaram uma nova abordagem para a produção, a qual objetivava a eliminação de desperdícios (WOMACK; JONES, 2004).

Para conseguir esse objetivo, técnicas como produção em pequenos lotes, redução de set up, redução de estoques, alto foco na qualidade, dentre outras, eram utilizadas. Atualmente coexistem várias definições para a Manufatura Enxuta (ME).

Womack & Jones (2004), por exemplo, definem ME como:

“uma abordagem que busca uma forma melhor de organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com seus clientes, cadeia de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção, segundo a qual é possível fazer cada vez mais com menos (menos equipamento, menos esforço humano, menos tempo, etc.)” (GODINHO; FERNANDES, 2004).

Estes autores ainda consideraram a produção enxuta como sendo frágil. Segundo eles, a produção em massa prevê folgas por toda parte como estoques extras, espaço extra, mão-de-obra extra para poder funcionar. Ainda que as peças não cheguem a tempo, ou que vários trabalhadores fiquem doentes, ou que não se detecte nenhum problema, ainda assim o sistema funciona.

Entretanto para fazer funcionar um sistema de produção enxuta, isto é, “sem folga”, é essencial que cada trabalhador se esforce ao máximo. Portanto é necessário que a gerência imponha liderança e que a força de trabalho sinta um comprometimento mútuo para que a produção enxuta não se torne produção em massa (WOMACK; JONES, 2004).

Segundo Shah e Ward (2002) a Manufatura Enxuta engloba várias práticas gerenciais, incluindo o *just in time*, sistemas de qualidade, manufatura celular, entre outros. Para eles o ponto fundamental é que essas práticas devem trabalhar de maneira simultânea para criar um sistema de alta qualidade, sem desperdícios.

As ferramentas “lean” incluem processos contínuos de análise (kaizen), produção “pull” (no sentido de kanban) e elementos/processos à prova de falhas (Poka-Yoke). Os pontos-chave do *lean manufacturing* são:

- **Qualidade total imediata** - ir em busca do "zero defeito", e detecção e solução dos problemas em sua origem.
- **Minimização do desperdício** - eliminação de todas as atividades que não têm valor agregado e redes de segurança, otimização do uso dos recursos escassos (capital, pessoas e espaço).
- **Melhoria contínua** - redução de custos, melhoria da qualidade, aumento da produtividade e compartilhamento da informação
- **Processos "pull"** - os produtos são retirados pelo cliente final, e não empurrados para o fim da cadeia de produção.
- **Flexibilidade** - produzir rapidamente diferentes lotes de grande variedade de produtos, sem comprometer a eficiência devido a volumes (SÁNCHEZ; PÉREZ, 2001; BILLESBACH, 1994).

Os 7 desperdícios que o sistema visa a eliminar é a superprodução, sendo esta a maior fonte de desperdício, o tempo de espera, refere-se a materiais que aguardam em filas para serem processados, transporte, processamento, estoque, movimentação e defeitos (GODINHO; FERNANDES, 2004).

Em 1998, foi fundado no Brasil um instituto afim de disseminar o sistema *Lean*, o *Lean Institute Brazil* (LIB) seguindo o exemplo do Instituto Norte Americano o *Lean Enterprise Institute* (LEI) fundado em 1997 por James Womack. Um dos principais papéis do *Lean Institute* é pesquisar as ferramentas *Lean* e adaptá-las para os contextos das empresas brasileiras, auxiliando assim a implementação do *Lean* dentro dos setores mais diversos (WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

Outras características do *Lean Manufacturing* é que o envolvimento dos colaboradores é determinante para o sucesso de projetos *Lean*, pois são eles que melhor conhecem os processos. É um ciclo que não acaba, numa lógica de melhoria contínua. O processo geração de ideias, viabilidade, implementação não é *Lean*. Nos projetos *Lean*, os grupos de trabalhos são orientados pelos 7 desperdícios acima referidos. Atua ao nível dos processos, das atitudes e comportamentos e das ferramentas de gestão (SHINGO, 1996; ALLEN, 2000).

O sistema *Lean Manufacturing* vem sendo implantado em todo o mundo em diversas empresas, nem sempre com sucesso, mas quando implantado interfere na redução ou eliminação dos desperdícios e aumento da produtividade da empresa (SÁNCHEZ; PÉREZ, 2001; WOMACK; JONES, 2004).

2.1 Origem da Palavra “Lean”

O termo “lean” foi criado originalmente no livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (The Machine that Changed the World) de Womack Jones e Roos publicado nos EUA em 1990. Trata-se de um abrangente estudo sobre a indústria automobilística mundial realizada pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology).

Segundo Womack, Jones e Roos (2004), o sistema Lean foi definido como sendo “uma filosofia operacional que, por meio da melhoria do fluxo produtivo, tem como meta menores tempos para a entrega de produtos e serviços, com qualidade elevada e baixos custos”. Deste modo, o sistema *Lean Manufacturing* pode trazer inúmeros benefícios desde que sejam aplicadas as ferramentas adequadas.

2.1.1 Ferramentas do *Lean Manufacturing*

2.1.1.1 *Housekeeping* – 5s

O Método “5s” foi base da implantação do Sistema de Qualidade Total nas empresas. A expressão Cinco S (ou 5S’s) designa uma ferramenta de gestão desenvolvida no Japão por volta da década de 1950 pela Toyota, muito utilizada na área de qualidade e que tem como principal objetivo organizar os postos de trabalho, de forma a aumentar a produtividade do trabalho e diminuir os desperdícios associados aos processos de negócio. Pela suas características e objetivos, constitui um dos primeiros passos para uma organização implantar um processo de gestão total de qualidade. Esta ferramenta é também conhecido como 5 sentidos já que a sigla “5S” deriva das iniciais de cinco palavras japonesas. Os cinco conceitos são:

1.º S - Seiri – Senso de Utilização

Conceito: "separar o útil do inútil, eliminando o desnecessário".

2.º S - Seiton – Senso de Arrumação

Conceito: "identificar e arrumar tudo, para que qualquer pessoa possa localizar facilmente".

3.º S - Seiso – Senso de Limpeza

Conceito: "manter um ambiente sempre limpo, eliminando as causas da sujeira e aprendendo a não sujar".

4.º S - Seiketsu – Senso de Saúde e Higiene

Conceito: "manter um ambiente de trabalho sempre favorável a saúde e higiene". O Método 5 S

5.º S - Shitsuke – Senso de Auto-disciplina

Conceito: "fazer dessas atitudes, ou seja, da metodologia, um hábito, transformando os 5s's num modo de vida" (GODINHO; FERNANDES, 2004).

2.1.1.2 Célula de Manufatura

A manufatura Celular é um dos mais importantes sistemas de manufatura existentes. Ele se baseia nos conceitos de Tecnologia de Grupo, por meio da formação de famílias de peças e células de manufatura.

A família de peças é constituída por aquelas que possuem características e atributos similares, sejam de forma geométrica e/ou de processos de fabricação. A célula de manufatura é constituída por um agrupamento de máquinas e/ou equipamentos capazes de processar uma dada família de peças.

As principais vantagens da manufatura celular são:

- Menor ciclo de fabricação;
- Redução de setup;
- Redução em transporte e movimentação;
- Fluxo de fabricação simplificado;
- Controle de produção e retrabalhos;
- Melhoria da qualidade;
- Menor número de operadores;
- Menores custos.

A Manufatura Celular é um dos pilares mais importantes do *Lean Manufacturing* e pode ser considerada a alma do sistema *Lean* (SHINGO, 1996).

2.1.1.3 Kanban

É o termo japonês que significa o “cartão” que age como disparador da produção em estágios anteriores ao processo de manufatura, coordenando a produção de todos os itens de acordo com a demanda de produtos finais (CORRÊA; GIANESI, 1996).

O Kanban é a etapa do *Lean Manufacturing*, que busca controlar visualmente a linha de produção e programar a produção, hoje uma técnica reconhecida como redutora de estoques.

As instruções são colocadas em pedaços de papel, para comunicar de forma clara e direta, as informações necessárias ao operador da estação de trabalho. As vantagens do Kanban são: produzir apenas o necessário; reduzir os estoques intermediários e de matérias-primas; reduzir o tamanho dos depósitos, das equipes de controle e a movimentação de estoques; facilitar o controle gerencial e a supervisão de processos.

Para Slack et al (2009), há três tipos de Kanban: Kanban de movimentação ou transporte, kanban de produção e kanban de fornecedor. Independente do tipo de kanban utilizado percebe-se que este método é essencial para a aplicação da filosofia lean na empresa, pois reduz o tempo de espera, diminuindo o estoque e a superprodução, melhorando a produtividade, interligando todos os processos em um fluxo contínuo e nivelado. Desta forma, verifica-se que o Kanban é uma ferramenta prática que representa o sistema logístico de “puxar” a produção, base da filosofia *Lean Manufacturing*.

2.2 Benchmarking

Para os japoneses a palavra “dantotsu” significa lutar para tornar-se o “melhor do melhor”, com base neste contexto de alto aprimoramento, onde se procura superar os pontos fortes dos concorrentes, surge uma nova abordagem, o *Benchmarking*, que nada mais é do que o conceito de planejamento estratégico, que se enraizou durante a última década, produzindo resultados impressionantes em companhias como a Xerox, a Ford e a IBM.

O conceito de *Benchmarking* é o de um “processo contínuo de comparação dos produtos, serviços e práticas empresarias entre os mais fortes concorrentes ou empresas reconhecidas como líderes. “É um processo de pesquisa que permite realizar comparações de processos e práticas “companhia-a-companhia” para identificar o melhor do melhor e alcançar um nível de superioridade ou vantagem competitiva” (GODINHO; FERNANDES, 2004).

2.3 Kaizen

A gestão Kaizen – uma etapa de implantação da filosofia *Lean* – busca a melhoria incremental e contínua de uma atividade com base na eliminação de perdas, visando agregar valor ao produto, com um mínimo de investimento. Essa melhoria contínua depende do monitoramento dos processos, através da utilização do Ciclo PDCA, o qual se desenvolve a partir da padronização da melhor solução e subsequente melhoria deste padrão, garantindo que os ganhos incrementais, sejam incorporados às práticas operacionais. Para isso, são

formadas equipes Kaizens e, selecionados líderes de equipes na fábrica, de acordo com a motivação, comunicação e habilidade de treinamento. Outras ferramentas utilizadas pelo Kaizen são: Sistema de sugestões; Círculo de controle de qualidade e Gestão orientada por processo (WOMACK, JONES, 2004).

2.4 Mapeamento do Fluxo de Valor (*Value Stream Mapping*)

O mapeamento do fluxo de valor da organização visa conhecer as atividades que não agregam valor e devem ser eliminadas. A iniciativa de mapear o processo é dos gerentes, supervisores e operadores de chão de fábrica que devem identificar aquelas operações que realmente agregam valor aos produtos.

A utilização da técnica de mapeamento do fluxo de valor normalmente expõe problemas que necessitam de intervenções, ou seja, os pontos onde um evento Kaizen seria apropriado. Neste caso, as equipes vão para as áreas de produção e buscam identificar melhores formas de trabalho, através do desenvolvimento de um novo layout, equipamentos de transporte, sistema de estocagem, porém de forma criativa, tentando aproveitar ao máximo os recursos existentes na organização (SANCHES; PEREZ, 2001; WOMACK; JONES; ROOS, 2004).

2.5 *Set up* (Troca Rápida)

Em um processo produtivo, que produz pequeno lote ou produtos por encomenda, o tempo de troca de produto na linha, deve ser extremamente curto para que não haja o comprometimento da disponibilidade das máquinas no processo. Taiichi Ohno e seus colaboradores desenvolveram a troca rápida de ferramentas (*set up*), de um produto para o próximo, através do dimensionamento correto das máquinas, enquanto o objeto em produção era mantido em fluxo contínuo.

A meta deve ser sempre a busca no tempo zero, para que a planta se torne cada vez mais flexível às mudanças de programação do cliente, reduzindo, assim, os níveis de estoque.

Um ponto muito importante na redução do tempo de troca é o treinamento dos operadores para a realização sistêmica de troca, dividindo, se possível, as atividades para a troca (WOMACK; JONES, 2004).

2.6 Milk run

Sistema que consiste na coleta programada de peças através de um veículo executando a operação de transporte de peças ou componentes, coletando-as em alguns fornecedores com horários programados e entrega das peças na empresa também em horário programado (MOURA, 2002).

O *Milk Run* permite a introdução do sistema Just in time para o controle de estoques, tendo também a redução dos custos de transportes. O sistema just in time tem como propósito a redução dos estoques de toda a cadeia de suprimentos, produção e distribuição física. Como já dito anteriormente foi desenvolvido pelos japoneses, denominado “Sistema Toyota de Produção” (SHINGO, 1996).

2.7 Heijunka (Nivelamento da produção)

É um conceito relacionado a programação da produção, obtendo um programa nivelado pelo sequenciamento dos pedidos. O Heijunka converte a instabilidade da demanda dos clientes em um nivelado e previsível processo de manufatura, e é geralmente usado em combinação com outras técnicas lean de produção para estabilizar o fluxo de valor. É o principal conceito que ajuda a trazer estabilidade para o processo de manufatura. (NIIMI, 2004).

2.8 Poka Yoke

Poka Yoke é um dispositivo a prova de erros destinado a evitar a ocorrência de defeitos em processos de fabricação e/ou utilização de produtos. Conceito que faz parte do Sistema Toyota de Produção e foi desenvolvido primeiramente por Shingo, a partir do princípio do “não custo”

Segundo Shingo (1996, p.55), inspeção sucessiva, auto inspeção e inspeção da fonte podem ser todas alcançadas através do uso de métodos Poka yoke. O Poka Yoke possibilita a inspeção 100% através de controle físico ou mecânico. Quanto as funções de regulação do Poka Yoke há duas maneiras onde ele pode ser usado para corrigir erros: Método de Controle e Método de Advertência.

2.9 Manutenção Autônoma – TPM

Muitos estudiosos definem TPM, ou Manutenção Preventiva Total (MPT), ou Manutenção Autônoma como uma ferramenta abrangente, que envolve todos os setores da organização e, que teve a sua origem no TQM (*Total Quality Management* – Gestão da Qualidade Total), conduzido pelas áreas de manufatura.

Entre os primeiros conceitos, destaca-se uma frase de Paladini (2009) referente ao assunto, definindo TPM como “manutenção conduzida com a participação de todos”. Neste sentido, a palavra “todos” significa exatamente o envolvimento de todo o pessoal, incluindo os elementos da média e alta direção, num trabalho conjunto, e não em um trabalho a ser conduzido pelos operadores de forma voluntária e que não lhes diz respeito.

Conforme Paladini (2009):

“TPM representa uma forma de revolução, pois conclama a integração total do homem x máquina x empresa, em que, o trabalho de manutenção dos meios de produção, passa a constituir a preocupação e a ação de todos”.

Com isso, o autor quer ressaltar que, um programa de TPM abrange todos os departamentos, incluindo-se os departamentos de manutenção, operação, transportes e outras facilidades, Engenharia de projetos, Engenharia de Planejamento, Engenharia de construção, estoque e armazenagem, compras, finanças e contabilidade e, gerência de Instalação.

De acordo com Querne (2001), a TPM hoje, ganha um enfoque estratégico na Gestão das Operações Industriais, sendo uma das bases para a obtenção de vantagem competitiva na produção. Com a atual evolução do “pensamento enxuto”, criando-se um canal para ganhos em toda a cadeia produtiva, e a necessidade de grande flexibilidade de produção, pode-se afirmar que a TPM é um programa que promove os ganhos necessários no atual cenário competitivo, pois é voltado para a otimização, promovendo total envolvimento e conscientização da necessidade constante das perdas na operação.

2.10 Necessidade do *Lean Manufacturing* na empresa

Rastrearam-se na empresa os dados de venda de reatores eletromagnéticos e eletrônicos de três anos (2007-2009) e a previsão de vendas do ano de 2010 (AOP).

Verificou-se que a porcentagem de venda de eletromagnéticos foi decrescente e a porcentagem de vendas de eletrônicos, foi crescente como mostra a Figura 1.

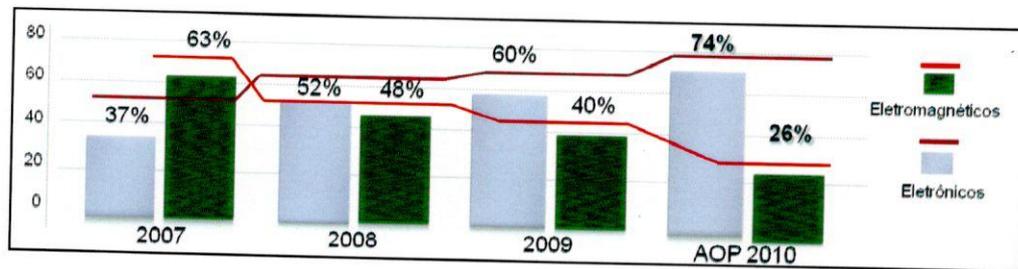


Figura 01: Produção da empresa

Fonte: O autor

Percebeu-se através destes dados que a produção de reatores eletrônicos estava aumentando cada vez mais e as previsões mostravam um crescimento maior ainda, crescimento este que, não estava sendo possível absorver na fábrica, não havia capacidade de produzir mais por que a fábrica achava-se sobrecarregada e despreparada. Não havia capacidade de absorver o futuro cenário de alta demanda previsto pela AOP.

A fábrica já funcionava em 2 turnos, quase que em capacidade total, tinha equipamentos com baixa eficiência, um estoque de produtos em processo alto. Perdía-se em movimentação, transporte, defeitos, excesso de produção, espera, processo, estoque (sete desperdícios de produção).

Todo esse desperdício era contabilizado no custo do reator, o chamado valor agregado (transporte de funcionário, alimentação, energia, ou seja, aquilo que o cliente não paga para produzir o produto).

Outro problema detectado foi o custo. Agregava-se 1,56 euros em cada reator (custo em Euro porque a empresa é holandesa), ao passo que outras unidades, dessa mesma empresa, em outros países, agregavam 0,8 a 0,88 euros em cada reator (Figura 2). Isso passou a preocupar a empresa, pois se perdia a competição de mercado. Essas empresas referenciadas com o valor agregado menor eram empresas que já estavam em fase de implantação do *Lean Manufacturing* e, já haviam passado pela mesma situação que a empresa em estudo estava passando.

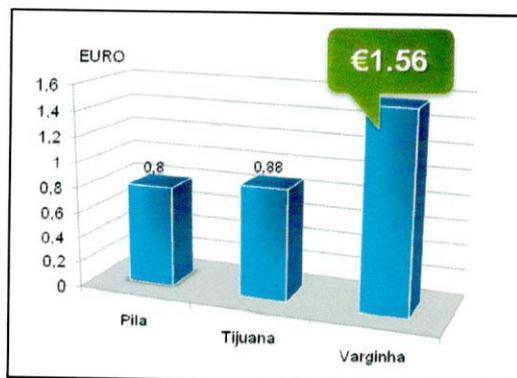


Figura 02: Comparativo entre as fábricas da empresa

Fonte: O autor

Havia duas opções, reduzir custos ou importar reatores de outras unidades. Atualmente a produtividade da empresa é de 97 peças/homem/dia (Figura 3).

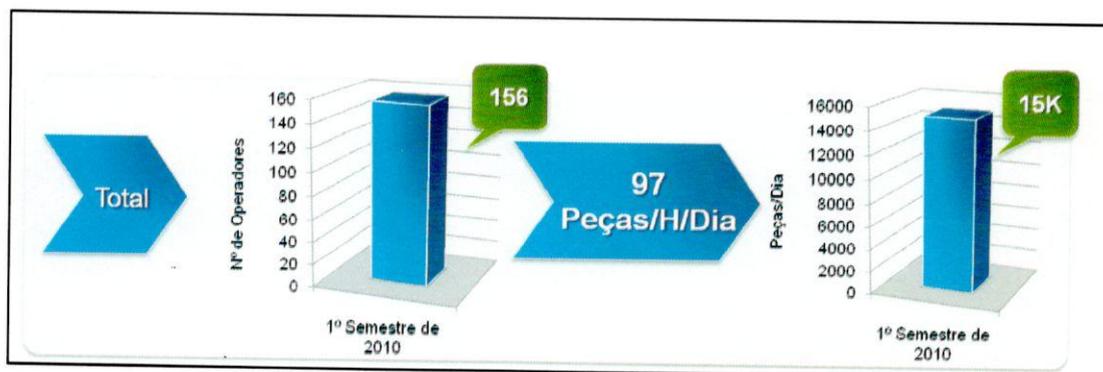


Figura 03: Produtividade da empresa

Fonte: O autor

Então, a solução buscada para reduzir custos foi melhorar a produtividade aplicando-se os conceitos básicos do *Lean Manufacturing*.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se um *benchmarking* (ferramenta da qualidade), com uma empresa do mesmo grupo localizada no México, referência em *Lean Manufacturing*. Formou-se um grupo multifuncional com líderes de produção, manutenção, qualidade e treinamento e foram traçadas metas com a gerência. A planta do México foi tomada como referencial com relação a produtividade. Baseado nisso, a meta principal do projeto era aumentar a produtividade de reatores eletrônicos em 30%. O prazo estipulado pela gerência foi de 4 meses. Adotou-se como o indicador de produtividade peças/homem/dia.

Verificou-se que a fábrica possuía 156 operadores com produtividade de 97 peças/homem/dia com produção diária de 15000 peças.

Foi desenhado o *value stream mapping* (APÊNDICE A – Mapa de Fluxo de Valor) que mostrou a baixa eficiência de alguns equipamentos, *set up* (troca de produto) com tempo alto, inventário elevado e tempo de ciclo (tempo de cada operação na montagem) das operações muito elevado.

Para cada item detectado, visualizou alguns kaizens. E a partir disso foi feito um plano de ação para controlar as atividades (APÊNDICE B – Plano de Ação).

Antes disso, como o conceito *Lean Manufacturing* não é somente uma metodologia de trabalho, mas uma filosofia é muito importante trabalhar com a conscientização do funcionário. No *Lean*, o operador trabalha junto com o time de implantação e só assim o sucesso é obtido. Como esse projeto poderia trazer grandes expectativas nos funcionários tanto positivas como negativas, começou-se pela implantação do 5s (*House keeping*) que é um dos pontos da base da “casa” do *Lean Manufacturing*.

3.1 Implantação do 5s

Para a implantação do 5s percebeu-se a necessidade de primeiramente infundir os conceitos nos funcionários. A maneira mais adequada que se encontrou para aplicar, foi preparar um treinamento prático com a teoria mesclada nas atividades. Usou-se o período de um turno inteiro de produção para o treinamento.

Neste treinamento mostraram-se fotos da realidade da fábrica (desorganizada) e foram realizadas atividades práticas para incutir nos funcionários o conceito do 5s. O foco principal do treinamento foi que todos precisavam adquirir a disciplina que a ferramenta exige.

3.2 Baixa Eficiência das Inseriras Automáticas

Duas Inseriras automáticas de componentes radiais trabalhavam para duas famílias de reatores a família Low Cost (reatores mais básicos, mais vendidos) e a família Slim (reatores mais caros, mais trabalhados). Foi realizado um estudo que constatou que a eficiência das máquinas estava em aproximadamente 60% e trabalhavam em três turnos. Com esse dado percebeu-se que pela sua eficiência elas seriam mais aproveitadas se trabalhassem dedicadas à família de reator Low Cost. Para a família Slim foi percebido uma eficiência maior se trabalhasse com inserção manual dos componentes. Foram remanejados quatro

operadores do segundo turno para o primeiro, esses, mudaram de turno com a finalidade de trabalharem na linha de inserção manual de componentes da família Slim.

3.3 Reduzir Takt Time de inserção manual

Verificou-se que o *takt time* (Tempo disponível para a produção de um produto dividido pela demanda do mercado) era de 3,38 segundos (Figura 4) e contava-se com seis operadores e a meta de produção horária era de 960 peças. Os postos de trabalho eram desbalanceados. Os mesmos operadores que foram remanejados do segundo turno das inseroras automáticas foram remanejados para o primeiro turno da inserção manual. Foi feito um redimensionamento de Kanban, modificação das estantes e prateleiras para reduzir o *set up*. Foi realizada a melhoria ergonômica através da compra de cadeiras e automatização da esteira manual.



Figura 04: Takt *time* de inserção manual anterior as mudanças

Fonte: O autor

3.4 Automatização de Equipamentos

O equipamento de teste 100% dos reatores além de não ser ergonomicamente adequado tinha um tempo de ciclo acima do *takt time*, todos os reatores levavam 12 segundos para ser testado. Realizou a automatização da operação que antes possuía um *takt time* de 10,4 como mostra a Figura 5 abaixo.

Além do dispositivo de teste foi automatizada a operação de travamento da placa do reator na carcaça. Essa operação era realizada entre 13 e 17s, ou seja, era o posto gargalo, isto é a operação que tem o tempo maior e da qual dependem todas as outras.

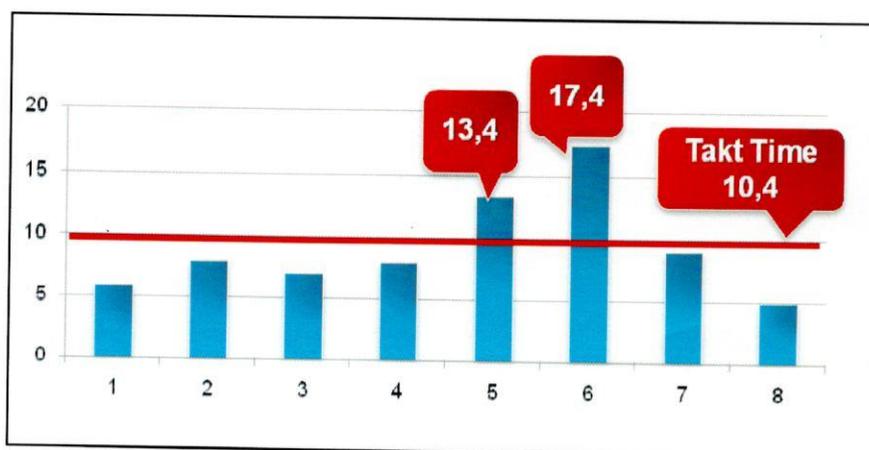


Figura 05: Takt *time* anterior as mudanças

Fonte: O autor

3.5 Gerenciamento Visual

Foi criado o quadro de gerenciamento visual que contém a produção horária, a meta de produção naquele período e nesse quadro foram utilizadas figuras que indicavam se a meta havia sido cumprida ou não. O objetivo era informar a produção horária. Se fosse percebido que a produção horária não havia sido atingida, a produção era parada, realizava-se uma reunião para encontrar o problema e para que todos visualizassem o problema e juntos solucioná-lo.

3.6 Redução do *Set Up*

Colocaram-se prateleiras nos postos de inserção manual de componentes. Cada prateleira com seu significado (componentes em uso, em espera, caixas vazias/devolução e componentes aguardando *set up*). Kanban de lâmpadas de teste, suporte para base e tampa dos reatores divididos em plataformas pra uso, plataformas para *set up*. Em média os *sets ups* eram efetuados em 12 minutos.

3.7 Redução de Tempo de Ciclo da *Auto Splice*

O tempo de ciclo para a máquina de *Auto Splice* (máquinas que climpam cabos nos reatores) era de 4,1 segundos acima do necessário para atingir 950 peças/hora alcançando

apenas 450 peças/hora (Figura 6) e não havia número de máquinas suficiente para atender tal demanda. Colocou-se o Kanban de cabos e o suporte mais próximo dos operadores.

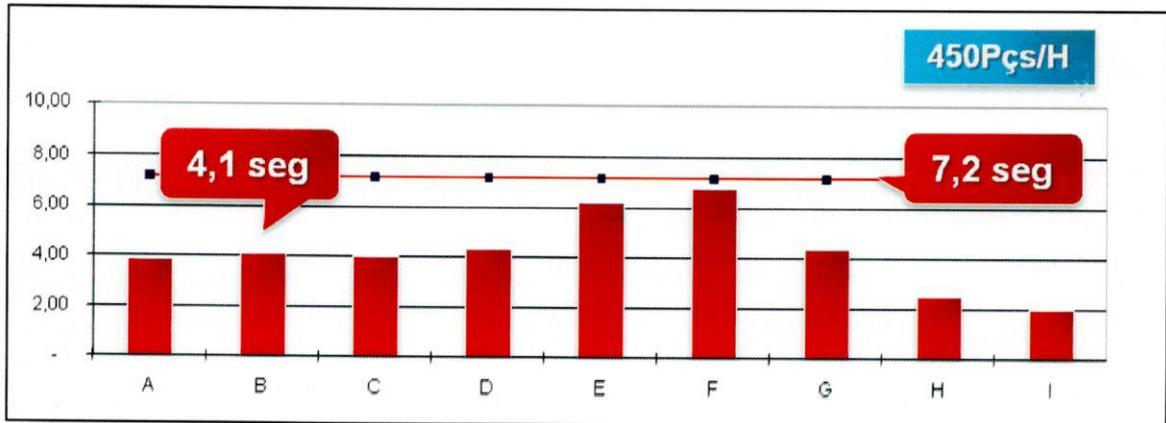


Figura 06: Balanceamento de operações anterior às mudanças

Fonte: O autor

4 RESULTADOS

4.1 Resultados obtidos com o 5s

Todos os funcionários tornaram-se engajados e dispostos a mudar o destino da fábrica.

4.2 Baixa Eficiência nas Inseroras Automáticas

As Inseroras automáticas atenderam a demanda de produção necessária de reatores da família *Low Cost*. O remanejamento de quatro pessoas para o primeiro turno gerou o aumento de produtividade tanto para a família *low cost* como para a família *Slim*. Houve também a redução de adicional noturno (o que interfere no valor agregado do produto).

4.3 Redução de Takt Time na Inserção Manual

Houve o aumento da produção horária de 960 peças/hora para 1900 peças/hora. Passou-se de 6 operadores para 10 operadores. O takt time foi de 3,38 segundos para 1,62 segundos como pode-se ver na Figura 7 abaixo. A produtividade aumentou de 160 peças/homem/hora para 200 peças/homem/hora (Figura 8).

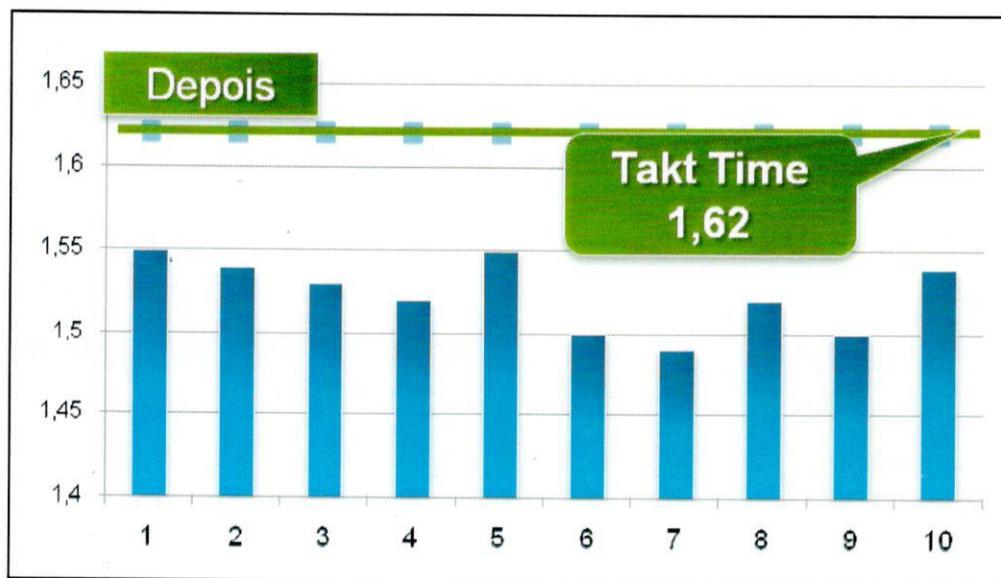


Figura 07: Takt *time* de inserção manual após as mudanças

Fonte: O autor

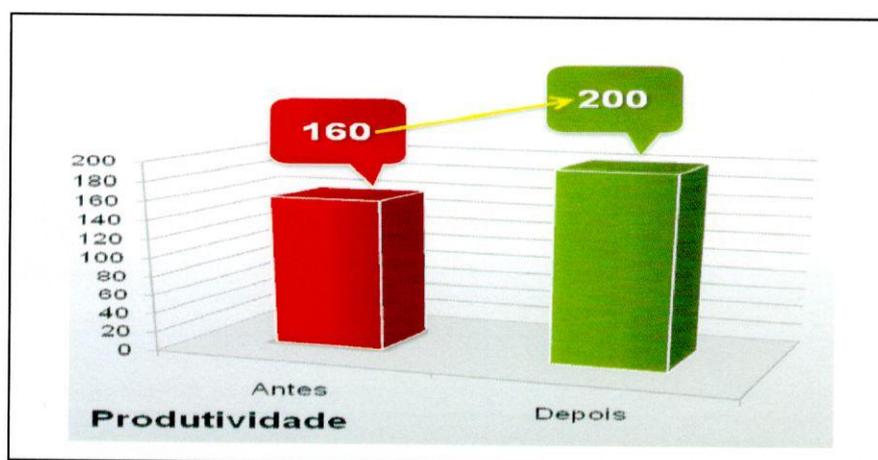


Figura 08: Produtividade após a redução do Takt *time* de inserção manual

Fonte: O autor

4.4 Automatização de Equipamentos

No equipamento de teste 100% foi verificada uma redução de tempo de teste para cada reator de 12 segundo para 5 segundos (Figura 9 abaixo). No posto de travamento da placa na carcaça a operação era realizada com 2 operadores e modificou-se para 1 operador. Houve redução do takt *time* de 10,4 para 6,2 (Figura 10).

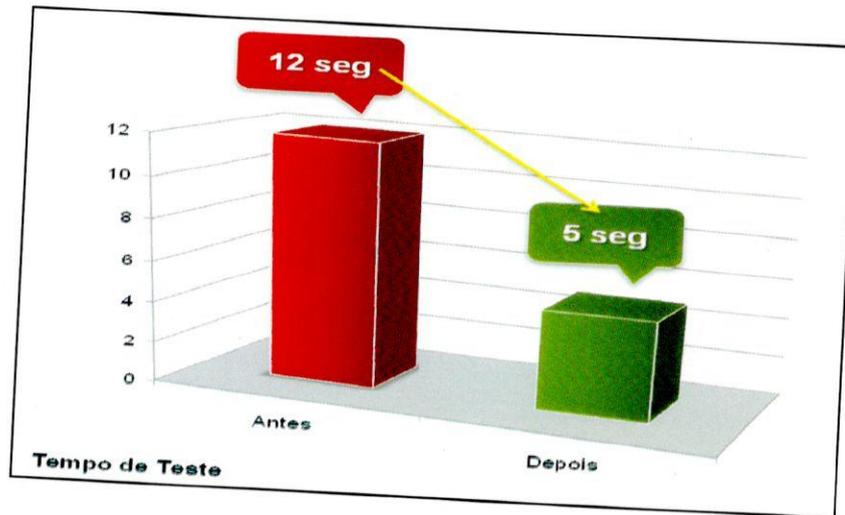


Figura 09: Redução do tempo de teste dos equipamentos
 Fonte: O autor

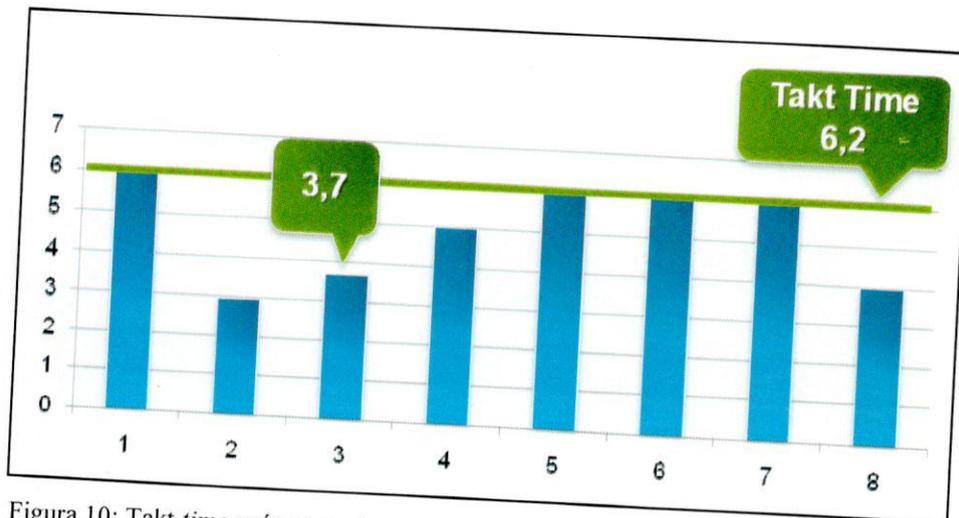


Figura 10: Takt time após as mudanças
 Fonte: O autor

4.5 Gerenciamento Visual

Ocorreu uma maior agilidade para identificar problemas e solucioná-los.

4.6 Redução do Tempo de *Set Up* (Troca de Modelo de Reatores)

O *set up* em geral era realizado em 12 minutos e passou a ser realizado em 4 minutos. Pode – se verificar este dado na Figura 11 abaixo.

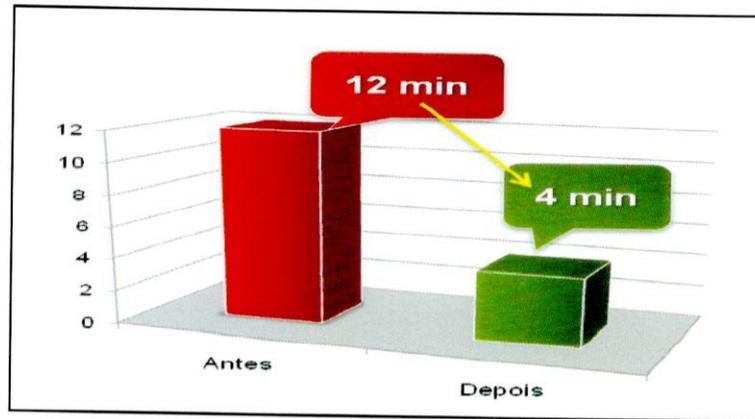


Figura 11: Redução do Tempo de *Set up*

Fonte: O autor

4.7 Redução do Tempo de Ciclo da Auto *Splice*

O tempo de ciclo da auto *splice* passou de 4,1 segundo para 2,5 segundos dando a condição da redução do takt *time* de 7,2 segundos para 3,4 segundos. Antes não era possível atender o plano de 450 peças/hora. Agora a capacidade desse equipamento é de 950 peças/hora (Figura 12).

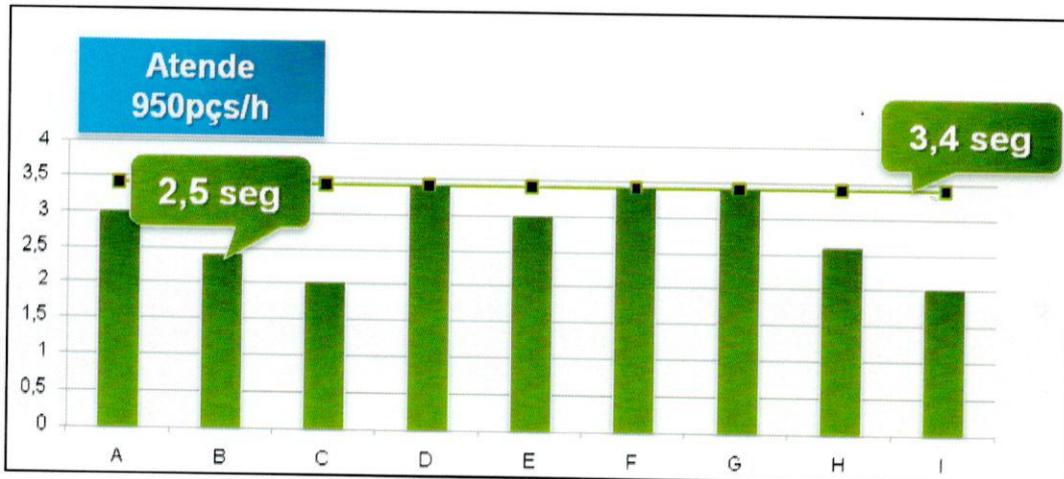


Figura 12: Balanceamento de operações após as mudanças

Fonte: O autor

4.8 Resultados Gerais

É importante ressaltar que este trabalho foi realizado com reatores eletrônicos tendo um número de 156 funcionários com um volume de produção diária de 15000 reatores em dois turnos dando uma produtividade de 97 peças/homem/dia. Por meio do trabalho realizado, reduziu-se o quadro de funcionários que trabalhava com os reatores eletrônicos para 107,

aumentou-se a produção diária para 16000 peças produzidas em apenas um turno, deixando o segundo turno totalmente livre para absorver a previsão do aumento de demanda indicada no começo do trabalho. Houve, portanto o aumento da produtividade para 149 peças/homem/dia como se verifica na Figura 13 abaixo. Resumindo houve um ganho de 53% de produtividade e o segundo turno ficou disponível. Além disso, houve redução no valor agregado dos reatores que anteriormente era de 1,56 euros passou para 1,1 euros o que representa uma redução de 30% no custo de fabricação.

A meta no início da implantação era aumentar a produtividade em 30% ou seja, de 97 peças/homem/dia para 126 peças/homem/dia e o resultado obtido foi maior que o esperado sendo este de 149 peças/homem/dia (Figura 14).

O resultado financeiro obtido foi validado pela controladoria de 508 mil euros por ano e o valor empregado para o projeto foi de aproximadamente 41 mil euros.

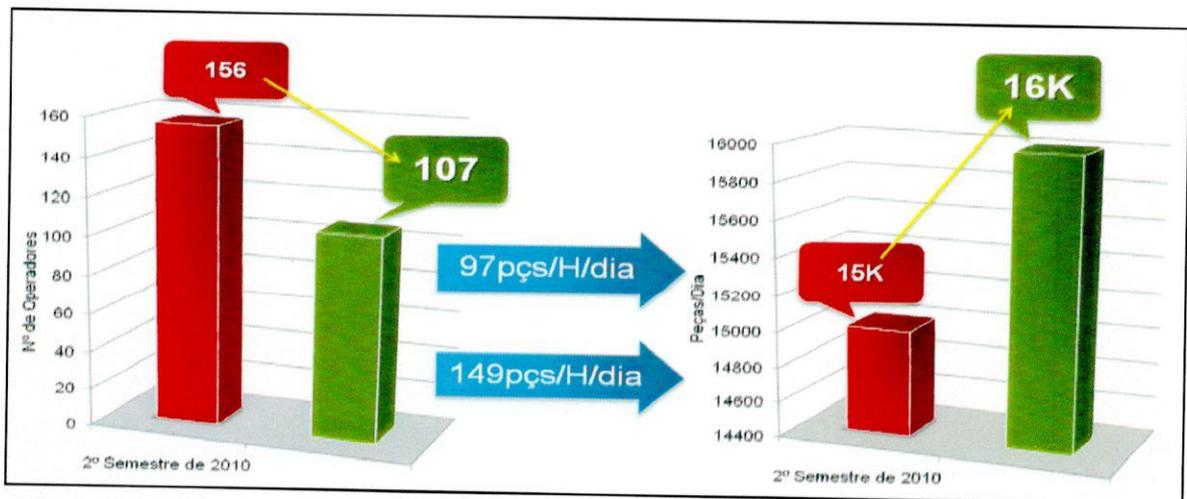


Figura 13: Resultados gerais

Fonte: O autor

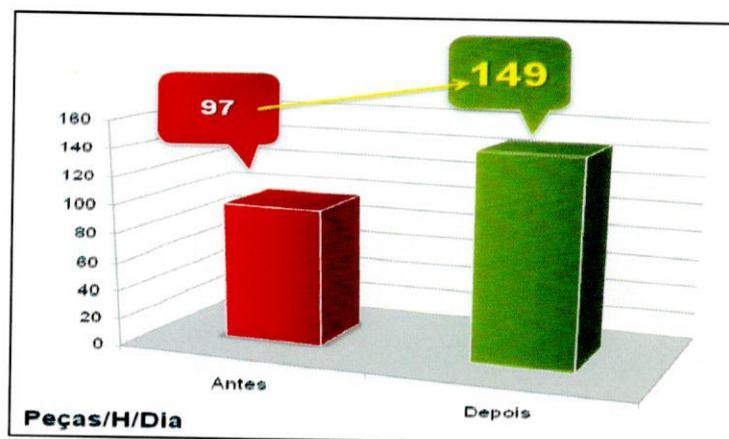


Figura 14: Produtividade da empresa após as mudanças

Fonte: O autor

5 DISCUSSÃO

Tendo este trabalho a finalidade de demonstrar que a metodologia *Lean* é uma poderosa ferramenta de auxílio na resolução dos problemas de desperdício e com isso um mecanismo de aumento de produtividade (GODINHO; FERNANDES, 2004), analisando a literatura pesquisada e diante dos resultados finais, obtidos após a implantação da ferramenta *Lean* na empresa, discutimos aqui, a pergunta chave desta pesquisa: A filosofia *Lean Manufacturing* auxilia na diminuição de desperdícios e conseqüentemente no aumento da produtividade?

Os resultados finais demonstram que houve uma redução primeira, no quadro de funcionários que trabalhavam com os reatores eletrônicos, que era de 156 funcionários e passou para 107, sendo que a maior parte destes foi remanejada para outros setores da fábrica e alguns foram dispensados por não atenderem as expectativas da empresa. Houve um aumento de produtividade de 16000 peças produzidas em apenas um turno, o que antes era de 15000 em dois turnos. Ou seja, um aumento de 149 peças/homem/dia. Um ganho de 53% de produtividade e um segundo turno disponível. A redução dos custos de fabricação foi de 30%.

O resultado financeiro obtido foi de 508 mil euros por ano e o valor empregado para o projeto foi de aproximadamente 41 mil euros.

Desta forma pode-se confirmar que a aplicação da ferramenta *Lean* não só aumenta a produtividade, como também, cria uma nova motivação em toda a equipe de trabalho.

Segundo Sanches e Perez (2001), o *Lean Manufacturing* é uma ferramenta de contínua análise e produção com o empenho por parte dos funcionários e da empresa. Na empresa estudada houve grande participação dos funcionários e conscientização dos mesmos da necessidade de se implantar a manufatura enxuta e por essa mobilização, pode-se obter resultados expressivos.

6 CONCLUSÃO

A princípio a implementação do *Lean manufacturing* na empresa em questão gerou desconforto pois não se conhecia adequadamente seus conceitos e ao verificar as aplicações do sistema em outras empresas acreditou-se ser adequado naquelas condições e não na empresa em questão.

Ao receber a visita do gerente de manufatura e sensei de lean da empresa de reatores no México e estudar as características da empresa planejando uma estratégia, percebeu-se que o primeiro passo para o sucesso da implantação seria a quebra de paradigmas o que implicaria na mudança de cultura. A partir disso foi necessário que a equipe abrisse a mente para os desafios que iria encontrar.

Por meio do trabalho realizado na empresa, pode-se concluir que a implantação do *lean manufacturing*, ferramenta utilizada para se eliminar os desperdícios, através de uma manufatura enxuta, contribuindo para o aumento da produtividade, redução de custos e melhora no nível de qualidade, auxiliou no combate aos desperdícios verificados anteriormente na empresa. Houve aumento da produtividade em 53%, tendo a meta atingida e superada. De igual modo, houve redução dos custos de produção em 30%, garantindo a empresa maior competitividade.

Sendo assim, é possível verificar que o *Lean Manufacturing* como já abordado em diversas referências científicas é imprescindível para modificar a cultura dos funcionários de uma empresa, a maneira como a empresa produz, os equipamentos utilizados, os gastos envolvidos e dessa forma contribuir para o lucro da empresa.

É necessário ressaltar que há a necessidade de que as empresas avaliem sempre a eficiência dos seus equipamentos, a troca de produtos, o estoque, o tempo das operações nas montagens entre outros, para analisar possíveis problemas que possam ocorrer e então procurar soluções imediatas. Da mesma maneira, a filosofia da disciplina, organização, limpeza, sempre devem ser reforçadas entre os funcionários para eliminar os desperdícios.

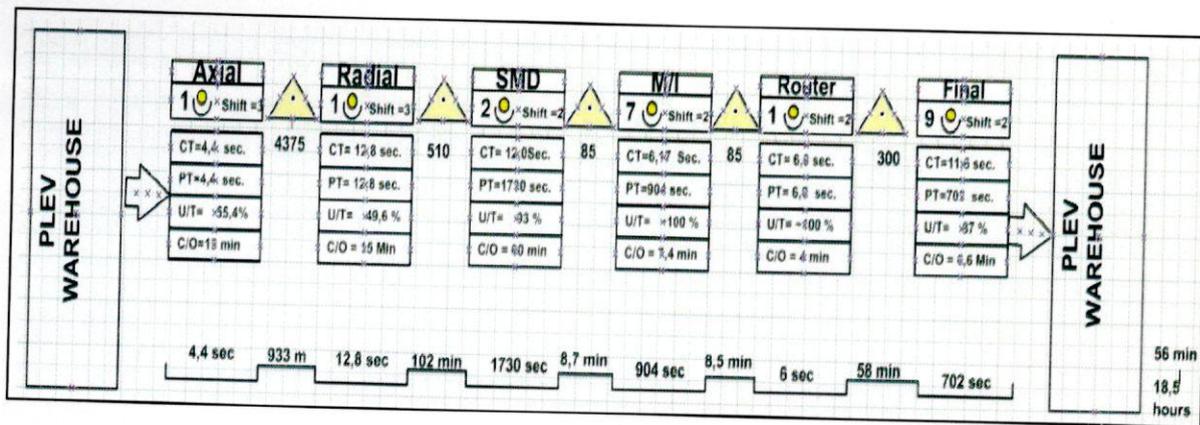
Todos os ganhos obtidos com o projeto para a empresa foram expressivos pelo auxílio de cada funcionário nos quais foram incutidos os conceitos do 5s e *Lean Manufacturing*, sem os quais não seria possível obter tais mudanças.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, J. H. **Make lean manufacturing work for you.** Manufacturing Engineering, Michigan, USA, v. 6, p. 54-64, 2000.
- BILLESBACH, T. J. **Appying lean production principles to a process facility.** Production and Inventory Management Journal, v.35, n. 3, p. 40-44, 1994.
- CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico,** São Paulo: Atlas, 1996, 186p.
- GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F. **Manufatura enxuta: uma revisão que classifica e analisa os trabalhos apontando perspectivas de pesquisas futuras.** Gestão e Produção, v. 11, n. 1, p. 1-19, 2004.
- MOURA, D. A., BOTTER, R. C. **Caracterização do sistema de coleta programada de peças, MilkRun.** RAE-eletrônica, v.1, n.1, p.1-14, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/raeel/v1n1/v1n1a10.pdf>> Acesso em: 20/05/2011.
- NIIME, A. **Sobre o nivelamento (heijunka).** Disponível em: <[http://www.lean.org.br/artigos/109/sobre-o-nivelamento-\(heijunka\).aspx](http://www.lean.org.br/artigos/109/sobre-o-nivelamento-(heijunka).aspx)> Acesso em: 14/06/2011.
- PALADINI, E. P., **Gestão estratégica da qualidade: princípios, métodos e processos,** 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2009, 240p.
- QUERNE, J. **Fatores de competitividade na manufatura. O programa TPM para aumento de produtividade.** 2001. 90f. Monografia (MBA em Gerência de Produção e Tecnologia) - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2001. Disponível em: <http://www.ppga.com.br/mba/2001/querne_jorge_luis_de_souza.pdf> Acesso em: 26/06/2011.
- SHAH, R.; WARD, P., **Lean manufacturing: context, practice, bundles and performance.** Journal of Operations Management, Arizona, USA, v. 335, p. 1-21, 2002.

- SÁNCHEZ, A. M.; PÉREZ, M. P. **Lean indicators and manufacturing strategies.** International Journal of Operations & Production Management, University of Zaragoza, Spain, v. 21, n. 11, p. 1433-1451, 2001. Disponível em: <<http://www.emerald-library.com/ft>>
Acesso em: 18/04/2011
- SHINGO, SHIGEO. **O sistema toyota de produção: Do ponto de vista da engenharia de produção,** Porto Alegre: Bookmam, 1996, 294p.
- SLACK, N.; JOHNSTON, R.; CHAMBERS, S. **Administração da produção,** 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2009, 728p.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T., **A mentalidade enxuta nas empresas,** 8. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2004, 408p.
- WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D., **A máquina que mudou o mundo,** 3 ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2004, 332p.

APÊNDICE A – Mapa de Fluxo de Valor



APÊNDICE B – Plano de Ação

| LatAm - Master Plan | | | Q2 | | Q3 | | Q4 | | | | |
|---|-------|--------|-----|---|----|---|----|---|---|---|--|
| Atividades de Kaizen - Nivel 1 | | | Mês | | | | | | | | |
| AÇÃO | LÍDER | STATUS | M | J | J | A | S | O | N | D | |
| 1- Melhoria de Produtividade | | | | | | | | | | | |
| Reduzir takt time de teste SLIM de 12 para 5 seg | | 0% | | | | | | | | | |
| Reduzir takt time teste com cabos de 16 para 8 seg/por equipamento (acanhado 10seg) | | 0% | | | | | | | | | |
| Ferramenta para embalar de Pila | | 0% | | | | | | | | | |
| Reduzir takt time de conexão de cabos de 12 para 4 seg | | 0% | | | | | | | | | |
| Melhorar cycle time da Router de 7 para 6 seg | | 0% | | | | | | | | | |
| Não parar Router na hora do almoço | | 0% | | | | | | | | | |
| Analisar e nivelar Inserção Manual para 4seg | | 0% | | | | | | | | | |
| Reduzir Setup da SMD de 60 para 20 min | | 0% | | | | | | | | | |
| Aumentar Eficiência das máquinas Axiais e Radiais para 70% | | 0% | | | | | | | | | |
| Melhorar preforma de componentes | | 0% | | | | | | | | | |
| Avallar a produtividade do rodizio de atividade e ginástica laboral | | 0% | | | | | | | | | |
| Procedimento para reatores com bome e com cabo em 5seg | | 0% | | | | | | | | | |
| Caso de negócio para Axial e Radial | | 0% | | | | | | | | | |

| Data Atual
 Plano
 Feito