

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

**O Sistema Lean de Manufatura aplicado em
uma indústria de autopeças produtora de
filtros automotivos**

Autor: Gerson Invernizzi
Orientador: Miguel Juan Bacic

04/06

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

O Sistema Lean de Manufatura aplicado em uma indústria de autopeças produtora de filtros automotivos

Autor: Gerson Invernizzi

Orientador: Miguel Juan Bacic

Curso: Engenharia Mecânica – Mestrado Profissional

Área de Concentração: Gestão da Qualidade Total

Trabalho final de mestrado profissional apresentado à comissão de Pós graduação da Faculdade de Engenharia Mecânica, como requisito para a obtenção do título de Mestre Profissional em Engenharia Mecânica / Gestão da Qualidade Total

Campinas, 2006

S.P - Brasil

DE EX
 MADA _____

 EX _____
 BC/ 68834
16.123-06
☐ D ☒
1100
09/06/06

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
 BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

In8s Invernizzi, Gerson
 O sistema lean de manufatura aplicado em uma
 indústria de autopeças produtora de filtros automotivos /
 Gerson Invernizzi. --Campinas. SP: [s.n.], 2006

Orientador: Miguel Juan Bacic.
 Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
 Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia
 Mecânica.

I. Sistemas flexíveis de fabricação. 2. Just-in-time.
 3. Engenharia industrial. I. Bacic, Miguel Juan. II.
 Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
 Engenharia Mecânica. III. Título.

Título em Inglês: The manufacture lean system applied to an automobile filters
 company.

Palavras-chave em Inglês: Manufacture lean system. Just-in-time. Industrial
 engineering

Área de concentração: Gestão da Qualidade Total

Titulação: Mestre em Engenharia Mecânica

Banca examinadora: Olívio Novaski. Ademir José Petenate

Data da defesa: 17/03/2006

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
COMISSÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA GESTÃO DA QUALIDADE TOTAL

Trabalho final de Mestrado Profissional

**O Sistema Lean de Manufatura aplicado em
uma indústria de autopeças produtora de
filtros automotivos**

Autor: Gerson Invernizzi

Orientador: Prof. Dr. Miguel Juan Bacic

Prof. Dr. Miguel Juan Bacic - Presidente
IE – Unicamp

Prof. Dr. Olívio Novaski
DEF/FEM/Unicamp

Prof. Dr. Ademir Petenate
IMECC/Unicamp

Campinas, 17 de Março de 2006

Resumo

INVERNIZZI, Gerson, O Sistema Lean de Manufatura aplicado em uma indústria de auto-peças produtora de filtros automotivos, Campinas, 2006. 99 pgs. Trabalho Final de Mestrado Profissional

O Sistema Lean de Manufatura desenvolvido pela Toyota em meados do século passado foi o principal combustível que contribuiu na transformação da empresa em uma das principais indústrias do segmento automotivo.

A perseguição constante pela eliminação das atividades que não agregam valor ao processo / produto fez com que a Toyota se transformasse no principal exemplo a ser citado quando se refere a exemplos de empresas Lean, isto é, empresas enxutas com produtos de alto conceito de qualidade.

Nesta pesquisa descreve-se o caso prático de implantação do Sistema Lean de Manufatura em uma empresa produtora de filtros automotivos, líder no mercado onde atua. A principal ferramenta utilizada por esta empresa para a transformação em uma empresa Lean foi a aplicação do Kaizen, que em outras palavras, significa Melhoria Contínua, isto é, a busca constante pela eliminação de todas as atividades que não agregam valor ao produto.

No final deste trabalho são apresentados os resultados alcançados após 05 anos do início do processo de implantação do Sistema Lean de Manufatura, onde os principais indicadores de desempenho são citados

Palavras Chave: Sistema Lean de Manufatura, Kaizen

Abstract

INVERNIZZI, Gerson, The Manufacture Lean System applied to an automobile filters company, Campinas,: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2006. 99 p. Trabalho Final de Mestrado Profissional

The Manufacture Lean System developed by Toyota in the middle of the last century was the deciding factor that made this company in one of the most important industries in the automobile segment in the world.

The constant effort to eliminate activities that do not add gain to the production / process, made of Toyota the main example to be mentioned when referring to companies that can be considered Lean, that means a industry that have a high quality product concept.

In this research I describe the real case of implementation of the Lean Manufacturing System in a market leader automobile filters company. In this research the main technical books on the subject were used.

The main tool used to make the changes was the Kaizen works that means continuous improvement.

The results reached after five years of the introduction of the Manufacturing Lean System are presented at the end of this essay where the main performance indicators in the process are presented.

Key Words: Manufacture Lean System ; kaizen

SUMÁRIO

Lista de Figuras	i
Lista de Quadros	iii
Capítulo 1 – Introdução	1
1.1 – Apresentação	1
1.2 – Objetivo	2
1.3 – Justificativa	3
1.4 – Limitações	3
1.5 – Metodologia	3
1.6 – Conteúdo	5
Capítulo 2 – Elementos fundamentais do Sistema Lean de Manufatura	7
2.1 – Conceitos de produção, processo e operação	7
2.2 – Conceitos de arranjos físicos de produção	8
2.2.1 – Arranjo físico por produto	8
2.2.2 – Arranjo físico em linha	9
2.2.3 – Arranjo físico funcional ou por processo	10
2.2.4 – Arranjo físico celular	12
2.3 – Produção em massa (produção empurrada)	14
2.4 – Produção enxuta (produção puxada)	15
2.5 – O sistema Toyota de produção	16
2.6 – A eliminação das perdas: Essência do Sistema Toyota de produção	18
2.6.1 – Perda por superprodução	19
2.6.2 – Perda por espera	20
2.6.3 – Perda por transporte	21
2.6.4 – Perda no próprio processamento	21

2.6.5 – Perda por estoque	21
2.6.6 – Perda por movimentação	22
2.6.7 – Perda por fabricação de produtos defeituosos	22
2.7 – Os pilares do Sistema Toyota de produção (TPS): Just-in-Time e Jidoka	22
2.7.1 – Just-in-Time	23
2.7.1.1 – Fluxo contínuo	24
2.7.1.2 – Takt-time	26
2.7.1.3 – Produção puxada	27
2.7.2 – Jidoka	29
2.7.2.1 – A separação entre a máquina e o homem	31
2.7.2.2 – Poka yoke	32
2.7.3 – Operações padronizadas	33
2.7.4 – Heijunka: Nivelamento da produção	34
2.7.5 – Kaizen: Melhoria continua	36
2.7.6 – Estabilidade dos processos	38
2.8 – Sistema Toyota: Benchmark para outras organizações	38
Capítulo 3 – Preparação para implantação do Sistema Lean	40
3.1 – Importância da preparação	40
3.2 – Componentes das mudanças	41
3.2.1 – Sistema de informação	41
3.2.2 – Relações da cadeia de suprimentos	42
3.2.3 – Sistema de incentivos e políticas gerenciais	42
3.2.4 – Estrutura organizacional	42
3.2.5 – Comprometimento da força de trabalho	43
3.3 – O papel do dirigente na gestão da mudança	43
3.4 – Visão de mudança	44
3.5 – Avaliação para mudança	44
3.6 – O mapa do fluxo de valor	47
3.7 – Controle da variabilidade	49
3.8 – Foco nas atividades que não agregam valor ao produto	49
3.9 – Gerenciamento da resistência a mudança	52

3.10 – Implantação do 5S	54
3.11 – Equipe de melhoria contínua	54
3.12 – Desempenho da manutenção	55
3.13 – Demissões de funcionários	55
3.14 – Conclusão do capítulo	56
Capítulo 4 – O processo de implantação do Sistema Lean de Manufatura	57
4.1 – Apresentação da empresa	57
4.2 – Motivação para mudança	58
4.3 – Divulgação e busca pelo comprometimento	59
4.4 – Formação de uma equipe de melhoria continua	59
4.5 – Início da implantação do Sistema Lean de Manufatura	60
4.6 – Processo de atendimento a demanda	61
4.7 – Trabalho de Kaizen nos fornecedores	63
4.8 – Formação de uma equipe 5S	64
4.9 – Auditorias	64
4.10 – Definição da área piloto para início dos trabalhos	64
4.11 – Exemplos de trabalhos de kaizen realizados	66
4.11.1 – Kaizen na célula de manufatura da tampa de cobertura	67
4.11.2 – Kaizen na célula de processamento (mistura) de lã	73
4.12 – Conclusão do capítulo	82
Capítulo 5 – Resultados obtidos com a implantação do Sistema Lean	83
5.1 – Principais indicadores de desempenho do Sistema Lean de Manufatura	83
Capítulo 6 - Conclusão	95
Referências bibliográficas	98

LISTA DE FIGURAS

1 – Arranjo físico por produto	8
2 – Arranjo físico em linha	9
3 – Arranjo físico funcional ou por processo	11
4 – Arranjo físico celular	13
5 – A estrutura do sistema Toyota de produção	23
6 – Fluxo de produção tradicional versus fluxo unitário contínuo	25
7 – Balanceamento de operação tradicional	26
8 – Balanceamento de operações na Toyota	27
9 – Sistema Kanban: Produção puxada	28
10 – Separação entre o Homem e a máquina	31
11 – Componentes da operação padronizada	33
12 – Linha de produção nivelada	36
13 – Kaizen e padronização	37
14 – Etapas do mapeamento do fluxo de valor	48
15 – Foco nas atividades que não agregam valor ao produto	50
16 – Classificação das atividades	52
17 – Gerenciamento da resistência a mudança	53
18 – Processo de atendimento a demanda	62
19 – Lay out da área piloto antes dos trabalhos de Kaizen	65
20 - Lay out da área piloto após os trabalhos de Kaizen	66
21 – Formação da equipe para o trabalho de kaizen	67
22 – Cálculo do tempo takt	68
23 – Tempo takt x tempo de ciclo (antes do kaizen)	69
24 – Operações realizadas antes do kaizen	70
25 – Tempo takt x tempo de ciclo (após o kaizen)	71
26 – Operações realizadas depois do kaizen	72
27 – Resultados alcançados	73
28 – Atividades da semana Kaizen	74
29 – Cálculo do tempo takt (TT)	75
30 – Cálculo do tempo takt x tempo de ciclo de operação antes do Kaizen	76
31 – Lay out standard antes do trabalho de Kaizen	77
32 – Plano de ação	78
33 – Lay out standard após trabalho de Kaizen	79
34 - Cálculo do tempo takt x tempo de ciclo de operação após Kaizen	80
35 – Resultados obtidos	81
36 – MTBF (Tempo médio entre falhas)	84

37 – MTTR (Tempo médio entre reparos)	84
38 – Pessoas disponibilizadas	86
39 – Peças produzidas / por ano / por operador	87
40 – Tempo médio de lead time	88
41 – Redução de TCO	90
42 – Horas de retrabalho	91
43 – Redução no tempo de set up	93
44 – Percentual de funcionários treinados	94

LISTA DE QUADROS

1 – Principais características dos arranjos físicos por produto	9
2 – Principais características dos arranjos físicos em linha	10
3 – Principais características dos arranjos físicos por processo	11
4 – Principais características do arranjo físico celular	13
5 – Nivelamento de produção de 5 modelos	35
6 – Avaliação para mudança	46
7 – Volume de produção anual (2000 a 2004)	87
8 – Lead time de produção para exportação	94

Capítulo 1

Introdução

1.1 - Apresentação

O termo Sistema Lean de Manufatura é utilizado para descrever o Sistema Toyota de Produção, criado por Taiichi Ohno e aplicado desde o final da Segunda Guerra Mundial nas fábricas de automóveis da Toyota no Japão.

O desenvolvimento das técnicas Lean de Manufatura, segundo Vokurka e Davis (1996) iniciou uma mudança no paradigma representado pela produção em massa, onde se destaca a divisão do trabalho, que gera a especialização, a estratificação que gera a função “pensar” restrita ao staff da empresa, enquanto os trabalhadores das linhas de produção ficam restritos a função de “executar”. A função da comunicação e da organização era tida como responsabilidade somente da chefia, a manufatura era realizada em grandes lotes e os equipamentos projetados especificamente para determinadas tarefas, a existência de estoques era vista como necessária para suprir ineficiências dos fornecedores e também as ineficiências internas.

A produção, por sua vez, praticada dentro dos princípios Lean de Manufatura assume características opostas a produção em massa. Os estoques são reduzidos, o comprometimento do trabalhador no processo produtivo é maior, a multifuncionalidade é incentivada para dar suporte a novas responsabilidades que são assumidas pelos trabalhadores, possibilitando assim a redução dos lotes de fabricação, redução no lead time, isto é, redução no tempo a partir da colocação do pedido pelo cliente até o momento em que o produto esteja disponível para embarque, além do incremento na qualidade dos produtos.

Ao longo das décadas de 70 e 80, mais precisamente após a primeira crise do petróleo em 1973, a elevada competitividade dos produtos Japoneses chamou a atenção do Ocidente para o uso das técnicas Lean de Manufatura como forma de melhorar o desempenho das fábricas Ocidentais. O fenômeno da globalização, intensificado a partir dos anos 80 pressionou as empresas Ocidentais a lutar pelo aumento da competitividade. Os produtos deixaram de ser produzidos somente para o atendimento das necessidades locais, e passaram a ser fabricados para um mundo sem fronteiras, porém com barreiras em termos de qualidade, custos e prazo de entrega.

A adoção de técnicas Lean de Manufatura mostrou-se uma alternativa com níveis significativos de utilização por empresas ao redor do mundo. No que refere-se a realidade Brasileira, o país vive um momento histórico importante, com o aumento das exportações, o controle da inflação e a retomada do crescimento econômico, surge um cenário novo para os diversos setores, onde a perspectiva de melhorias nas condições operacionais passa a representar um papel fundamental para os resultados da empresa como um todo.

O sucesso alcançado pelo sistema criado por Ohno foi tão grande que o sistema ultrapassou os muros das fábricas da Toyota e hoje em dia é um modelo que está sendo seguido por outras empresas em diversas partes do Mundo. No caso específico do Brasil pode-se encontrar vários exemplos de empresas que adotaram o Sistema Lean de Manufatura e obtiveram expressivos resultados. Dentre as diversas empresas que adotaram o sistema, dois exemplos bastante conhecidos são os que referem-se as empresas Mercedes Benz e a General Motors. A primeira aplicou o sistema na fábrica de chassis de ônibus em São Bernanardo do Campo (Gazeta Mercantil, 2003) e a segunda aplicou o sistema na fábrica de automóveis de Gravataí (Gazeta Mercantil, 2002).

1.2 - Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar um caso prático de implantação do Sistema Lean de Manufatura em uma empresa produtora de filtros automobilísticos utilizando trabalhos de Kaizen

e ilustrar os ganhos alcançados por esta empresa, que ajudaram a torná-la a principal empresa no segmento onde atua com vantagens competitivas superiores a de seus concorrentes.

1.3 – Justificativa

Este trabalho pretende contribuir com o melhor entendimento sobre o processo de implantação do Sistema Lean de Manufatura.

Uma grande parcela do segmento industrial Brasileiro ainda não conhece este sistema e portanto, não pratica, deixando de obter vantagens competitivas que a implantação do sistema poderia proporcionar.

Por ter participado da implantação do Sistema Lean de Manufatura na empresa foco deste trabalho, o autor pretende contribuir com a experiência obtida durante o processo de implantação onde teve a possibilidade de participar como líder de equipe em diversos trabalhos de Kaizen.

1.4 – Limitações

O caso se aplica a uma empresa de manufatura de produtos em série, onde existem processos de montagens de partes. Não se aplica a empresas de fluxo contínuo ou que tenham uma única etapa de processamento de seus produtos.

1.5 - Metodologia

O trabalho inicia-se com a revisão bibliográfica, buscando contemplar as literaturas mais recentes que tratam sobre o tema Sistema Lean de Manufatura, para na sequência descrever o caso prático de implantação deste sistema em uma empresa de autopeças. O autor deste trabalho participou de todo processo de implantação do Sistema Lean de Manufatura, tendo tido a oportunidade de estar inserido no ambiente onde o projeto se desenvolveu e interagindo com os processos envolvidos. A possibilidade de ter tido livre acesso a todas as informações organizacionais relativas ao projeto acabou sendo um fator decisivo na opção por adotar o estudo

de caso na elaboração deste trabalho. O processo de mudanças descrito neste trabalho teve início no ano 2000 e a partir do 2003, todas as áreas produtivas já estavam com o sistema implantado.

Conforme afirma Roesch (1999), estudar pessoas em seu ambiente natural é uma vantagem do estudo de caso e uma diferença básica em relação ao experimento, que é conduzido num ambiente artificial e controlado. É, pois, apropriado quando a ênfase for pesquisa por analisar fenômenos ou processos dentro de seu contexto. É especialmente adequado ao estudo de processos e explora fenômenos em vários ângulos.

Segundo Yin (1989), o estudo de caso pode ser definido como uma pesquisa empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto na vida real, sendo que os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente evidentes e múltiplas fontes de evidências são utilizadas. Esta estratégia de pesquisa é indicada para responder questões do tipo “como” ou “por quê”.

Conforme define Thiollent (1986), pesquisa - ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com uma resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo.

Este trabalho retrata a pesquisa-ação através de um estudo de caso, o qual descreve a implantação do Sistema Lean de Manufatura, onde o autor teve a oportunidade de participar e interagir diretamente na evolução dos trabalhos, e cujo resultado do aprendizado e experiência obtida pode ser traduzido neste trabalho de monografia.

Na evolução deste trabalho busca-se de forma objetiva apresentar a problemática relacionada ao tema escolhido, ou seja, a implantação do Sistema Lean de Manufatura, sintetizando a migração de um sistema de produção baseado no modelo Fordista para um sistema de produção baseado nas técnicas Toyota de produção.

O campo de observação que delimita este trabalho é toda área industrial da empresa, foco do estudo de caso e o resultado apresentado é a resultante dos ganhos obtidos através dos trabalhos realizados.

A coleta de dados foi facilitada, uma vez que o autor teve livre acesso a todos os documentos e informações pertinentes ao projeto. Registros de indicadores de performance Industrial antes e depois do novo sistema adotado serviram como fonte de pesquisa deste trabalho. Os levantamentos de tempos de produção, atas de reuniões e relatórios de análise crítica do projeto também serviram como suporte na pesquisa e elaboração do trabalho. Desta forma pode-se associar ao estudo teórico, através das bibliografias pesquisadas, a vivência da participação na evolução e desenvolvimento do projeto. Esta experiência trouxe ao autor a capacidade do aprendizado tanto no âmbito do conhecimento sobre o método de produção que estava sendo implantado nesta empresa, como também propiciou a experiência e o conhecimento em poder analisar os diferentes comportamentos apresentados pelas pessoas envolvidas neste projeto, a medida que elas eram solicitadas a participar e tinham seu ambiente de trabalho modificado devido a necessidade das mudanças.

A possibilidade da experiência deste trabalho ser utilizado por outros segmentos de indústrias e até mesmo de pesquisa foi também um fator levado em consideração na definição do tema da pesquisa. Ainda é possível encontrar empresas que não conhecem e não praticam os conceitos da manufatura Lean, desta forma este trabalho pretende ser uma alternativa como fonte de pesquisa e de prática aos pesquisadores interessados pelo assunto.

1.6 - Conteúdo

No capítulo 2 são apresentados o Sistema Lean de Manufatura, seus princípios, os tipos de perdas encontrados nas empresas e a estrutura do Sistema Toyota de Produção, também conhecido como a “Casa Toyota.” .

No capítulo 3 são tratados os aspectos da preparação para implantação do Sistema Lean de Manufatura, onde são descritos os principais componentes da mudança, o papel do dirigente

como gestor de mudança, a avaliação que deve ser realizada antes do início propriamente dita, as equipes de kaizen, o mapeamento do fluxo de valor, o gerenciamento das resistências às mudanças, enfim todo processo de preparação inicial necessário para que se possa iniciar a implantação prática do novo sistema de gestão da manufatura.

No capítulo 4 são tratados os pontos referentes ao processo de implantação do Sistema Lean de Manufatura na empresa em estudo, com a apresentação resumida de trabalhos de kaizen realizados.

No capítulo 5 são apresentados os resultados obtidos após cinco anos de implantação do novo sistema, descrevendo os principais indicadores de desempenho adotados pela empresa.

Por último, no capítulo 6 é apresentada a conclusão do trabalho e finalizando, incluem-se as referências bibliográficas.

Capítulo 2

Elementos fundamentais do Sistema Lean de Manufatura

O objetivo deste capítulo é apresentar os principais conceitos que fundamentam o Sistema Lean de Manufatura. Antes de iniciar a discussão deste sistema, serão apresentados alguns conceitos básicos que são necessários para melhor compreensão de sua estrutura conceitual.

2.1- Conceitos de produção, processo e operação

Segundo Shingo, os conceitos de produção, processos e operações podem ser definidos da seguinte forma:

Produção: É uma rede de processos e operações, onde ocorre a transformação de matéria-prima em produto acabado.

Processos: É o fluxo de materiais no tempo e no espaço, é a transformação da matéria-prima em componentes semi-acabados e daí em produto acabado.

Operações: É o trabalho realizado para efetivar a transformação durante o processo, é a interação do fluxo de equipamentos e operadores no tempo e no espaço.

A análise do processo examina o fluxo de material ou produto, a análise das operações examina o trabalho realizado sobre os produtos pelo trabalhador e pela máquina.

Fonte: Shingo, Shigeo (1988)

2.2 - Conceitos de arranjos físicos de produção

2.2.1 - Arranjo físico por produto

Neste tipo de arranjo físico o produto a ser fabricado permanece fixo em determinado local e os materiais, mão-de-obra, máquinas e equipamentos é que convergem para um ponto comum onde são executadas as operações.

Este tipo de arranjo físico é o menos encontrado, sendo característico das áreas de montagens de grandes conjuntos e/ou produtos como navios e aviões.

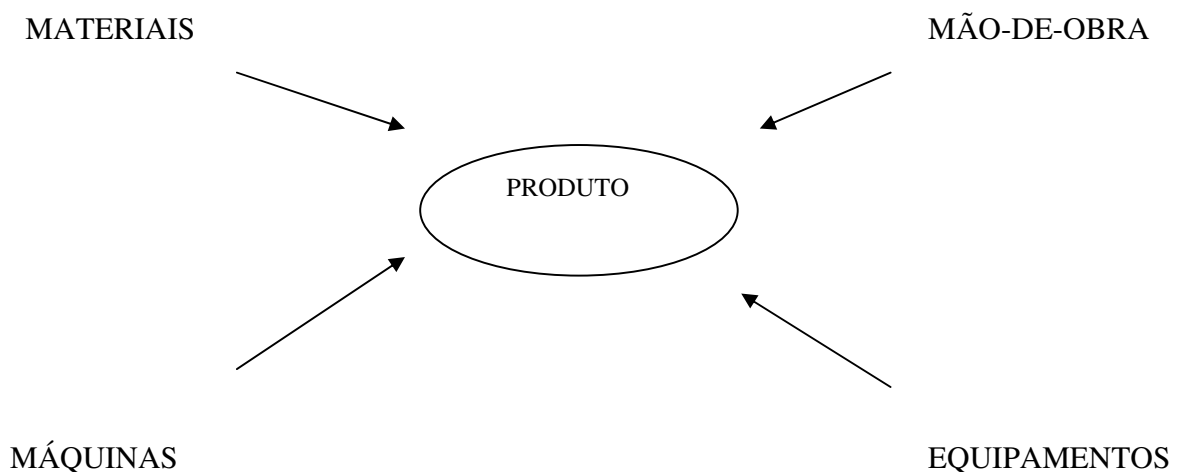


Fig 1. – Arranjo Físico por Produto

As principais características do arranjo físico por produto são apresentadas no quadro 1.

Quadro 1 – Principais características dos arranjos físicos por produto

Tipos de máquinas	Devem atender a propósitos gerais
Tempos de preparação de máquinas	Variáveis
Mão-de-Obra	Especializada
Inventários	Variáveis
Tamanhos dos lotes	Pequenos
Ciclos de fabricação	Longos e variados
Prejuízos com quebras de máquinas	Variáveis
Produtividade	Variável
Flexibilidade	Variável

Fonte: Silver, E. & Peterson R – Decision System for Inventory Management and Production Planning

2.2.2 - Arranjo físico em linha

Neste sistema de produção as máquinas são dispostas em linha na sequência das operações a serem executadas. A peça que vai ser processada deverá passar por todas as máquinas que compõem a linha, sofrendo operações da primeira até a última máquina, podendo o transporte das peças ser ou não automático.

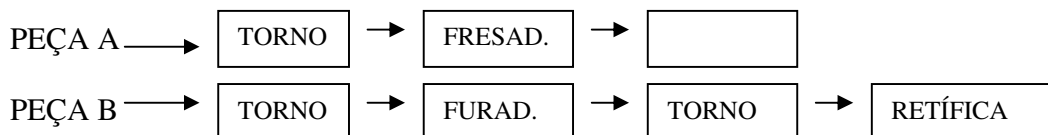


Fig 2. – Arranjo Físico em Linha

Quadro 2 – Principais características dos arranjos físicos em linha

Tipos de máquinas	Especiais, propósito único
Tempos de preparação de máquinas	Longos
Mão-de-Obra	Pouco especializada
Inventários	Grandes, para suprir emergências
Tamanhos dos lotes	Grandes
Ciclos de fabricação	Pequenos e constantes
Prejuízos com quebras de máquinas	Grandes
Produtividade	Alta
Flexibilidade	Baixa

Fonte: Silver, E. & Peterson R – Decision System for Inventory Management and Production Planning

2.2.3 - Arranjo físico funcional ou por processo

É o mais antigo tipo de arranjo físico e representa a maior parcela dos arranjos físicos instalados nas indústrias.

Caracteriza-se pela colocação de máquinas de mesmas características e / ou funções juntas formando os chamados grupos de máquinas. Desta forma os materiais advindos das diversas áreas de produção seguem sequências distintas entre os diversos grupos de máquinas.

A maior vantagem deste tipo de arranjo físico está na sua alta flexibilidade, entretanto esta alta flexibilidade geralmente tem um alto custo que é pago na forma de longos ciclos de produção, grandes estoques, baixa qualidade dos produtos e sistemas complexos de gerenciamento da produção.

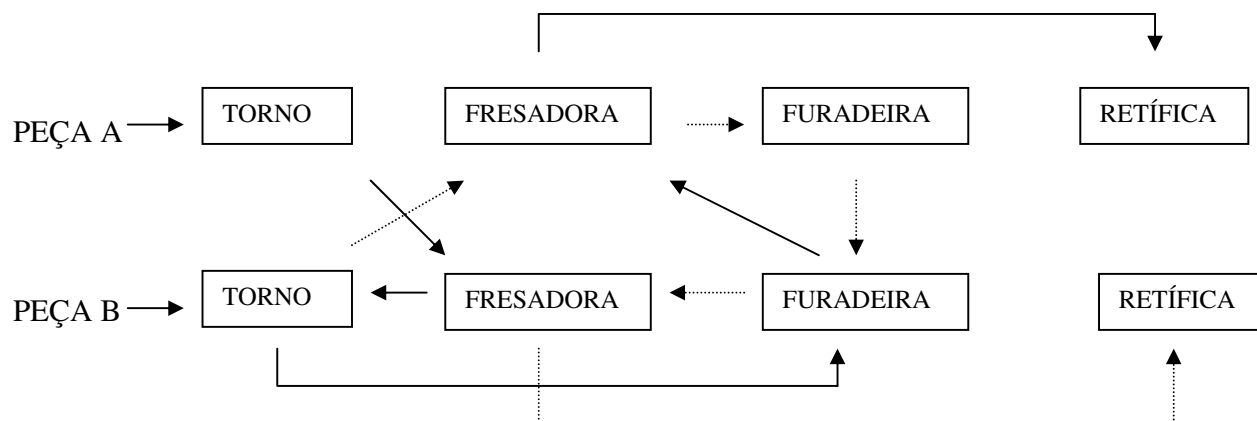


Fig.3 – Arranjo Físico Funcional ou por Processo

As principais características do arranjo físico por processo são apresentadas no quadro 3.

Quadro 3 – Principais características dos arranjos físicos por processo

Tipos de máquinas	Flexíveis, universais
Tempos de preparação de máquinas	Longos
Mão-de-Obra	Especializada
Inventários	Grandes e com grande diversidade
Tamanhos dos lotes	Pequenos para médios
Ciclos de fabricação	Longos e variados
Prejuízos com quebras de máquinas	Variáveis
Produtividade	Baixa
Flexibilidade	Alta

Fonte: Silver, E. & Peterson R – Decision System for Inventory Management and Production Planning

2.2.4 - Arranjo físico Celular

Uma célula de fabricação é constituída por um grupo de máquinas adequadamente escolhidas, dimensionadas e arrançadas de tal forma que permitam produzir todos os componentes de uma família de peças em seu interior.

Zhu e Meredith (1995) definem uma célula de fabricação como sendo o agrupamento de máquinas que executam diferentes atividades em um local que chamam “célula de trabalho” de forma que possam executar uma série de atividades reduzindo o volume de movimentação de materiais e estoques em processo.

Manoochehri (1988) frisa que a formação de uma célula envolve agupar as peças a serem fabricadas numa “família de peças” baseando-se na similaridade das operações requeridas pelo processo. Desta forma, uma célula é um agrupamento de máquinas com diferentes funções voltadas a produzir uma família de peças.

Por princípio, uma célula de fabricação busca obter a produtividade característica dos arranjos físicos em linha e a flexibilidade característica dos arranjos físicos funcionais.

Várias são as razões que levam uma empresa a optar pela implantação dos arranjos físicos celulares. Dentre elas podemos citar:

- Minimizar os ciclos de produção,
- Minimizar os tempos de preparação de máquinas,
- Minimizar os níveis de inventários de matéria-prima, material em processo e produto acabado,
- Maximizar a produtividade Industrial.

Não existe um padrão de arranjo físico celular, entretanto pode-se dizer que os arranjos mais utilizados são os em forma de “U”

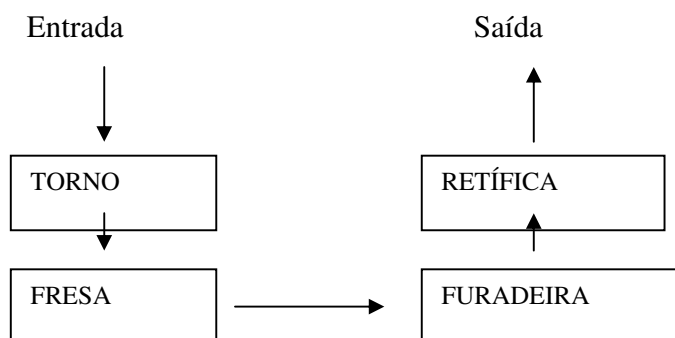


Fig 4 – Arranjo Físico Celular

As principais características do arranjo físico Celular são apresentadas no quadro 4.

Quadro 4 – Principais características do arranjo físico Celular.

Tipos de máquinas	Flexíveis, universais
Tempos de preparação de máquinas	Curtos
Mão-de-Obra	Especializada
Inventários	Pequenos
Tamanhos dos lotes	Pequenos
Ciclos de fabricação	Curtos
Prejuízos com quebras de máquinas	Variáveis
Produtividade	Alta
Flexibilidade	Alta

Fonte: Silver, E. & Peterson R – Decision System for Inventory Management and Production Planning

O conhecimento dos arranjos físicos de produção passa a ser importante quando começamos a analisar e associá-los a outros elementos que compõem a cadeia produtiva que agregam ou não valor, tais como eliminação de perdas, Tempo Takt, nivelamento de produção, operações padronizadas e outros conceitos que veremos a seguir.

2.3 - Produção em massa (produção empurrada)

A difusão da produção em massa encontra suas origens em Henry Ford, reconhecido universalmente como o pai da moderna produção em massa.

O marco principal foi a produção do Ford Modelo T, com 15 milhões de unidades produzidas entre os anos de 1908 e 1927. Um produto padronizado produzido unicamente na cor preta, um produto exclusivamente projetado para produção em massa.

Os objetivos principais da produção em massa eram: reduzir os preços dos produtos, aumentar os volumes de vendas, aumentar a eficiência da produção e beneficiar-se da economia de escala, isto é, maior produção resultando em menores preços.

Este modelo de produção apresenta vantagens e ainda hoje pode ocupar espaços no caso de produções homogêneas e em alta quantidade, nas quais as economias de escala constituem importante vantagem competitiva.

Segundo Johnson (1992), a produção em massa conforme idealizada por Ford não é um produtor natural de desperdícios, de excesso de estoques de produtos em processo e de não-conformidades. Foi a departamentalização, o desacoplamento de processos que levou a esta situação.

A necessidade de diversificar produtos, já a partir do final da década de 20, por exigências do mercado, fizeram com que a inflexibilidade da linha de produção Fordista tivesse sua seqüência de operações contínuas quebradas por meio da departamentalização com a formação de estoques intermediários. Desta forma tornou-se possível produzir distintos modelos, atendendo a nova demanda do mercado. O custo da criação da departamentalização no modelo de produção em massa foi a da geração de grandes estoques intermediários, elevados níveis de perdas por desperdícios e falta de qualidade, com a existência de operações que não agregam valor na cadeia produtiva. O sistema departamentalizado predominou nas fábricas Ocidentais até os anos 80 (Johnson, 1992).

2.4 - Produção enxuta (produção puxada)

A produção “enxuta” (do original em inglês, “*lean*”) é, na verdade, um termo cunhado no final dos anos 80 pelos pesquisadores do IMVP (*International Motor Vehicle Program*), para definir um sistema de produção muito mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produção em massa; um sistema habilitado a enfrentar melhor um mercado em constante mudança. A produção enxuta é um termo genérico para definir o Sistema Toyota de Produção (*TPS*). Ritzman e Krajewski (1998)

A produção enxuta, também conhecida como produção puxada começa a tomar vulto com a necessidade de possuir um diferencial em relação aos demais concorrentes e em função de um mercado que começa a ficar cada vez mais competitivo e exigente.

Pode-se considerar que as duas principais razões para se adotar o sistema enxuto de produção são as relacionadas com as características do mercado onde a empresa atua e os fatores críticos, conforme descreve Shingo, Shigeo (1981)

Característica do mercado em que a empresa atua:

- Alta taxa de renovação de mix de produtos,
- Alta variedade de produtos,
- Produtos de curto tempo de vida,
- Produtos de design arrojado e alta performance,
- Consumidores mais exigentes em termos de qualidade,
- Atendimento rápido,
- Crescente oferta de artigos importados,
- Preços altamente competitivos.

Fatores competitivos

- Agilidade no desenvolvimento, lançamento e entrega dos produtos,
- Alta flexibilidade para absorver a crescente taxa de renovação e ampliação do mix de produtos,
- Alta flexibilidade para absorver as flutuações de demanda,
- Baixo custo,
- Alta qualidade

Os objetivos e princípios da produção enxuta são os seguintes:

Atender as necessidades do cliente:

- No menor lead time possível,
- Produtos e serviços com a mais alta qualidade e ao mais baixo custo possível.

A produção enxuta é um sistema definido por três princípios:

- As pessoas são a chave do sistema,
- Perfeição na entrega de todo serviço,
- Eliminação das perdas.

2.5 - O Sistema Toyota de Produção

É uma filosofia de gerenciamento que procura otimizar a organização de forma a atender as necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização.

Conforme descreve Shingo (1981), o entusiasmo da família Toyoda pela indústria automobilística começou ainda no início do século, após a primeira viagem de Sakichi Toyoda aos Estados Unidos em 1910. No entanto, o nascimento da Toyota Motor Co. deve-se mesmo a

Kiichiro Toyoda, filho do fundador Sakichi, que em 1929 também esteve em visita técnica às fábricas da Ford nos Estados Unidos. Como decorrência deste entusiasmo e da crença de que a indústria automobilística em breve se tornaria o carro-chefe da indústria mundial, Kiichiro Toyoda criou o departamento automobilístico na Toyoda Automatic Loom Works, a grande fabricante de equipamentos e máquinas têxteis pertencente à família Toyoda, para, em 1937, fundar a Toyota Motor Co.

A Toyota entrou na indústria automobilística, especializando-se em caminhões para as forças armadas, mas com o firme propósito de entrar na produção em larga escala de carros de passeio e caminhões comerciais. No entanto, o envolvimento do Japão na II Guerra Mundial adiou as pretensões da Toyota.

Com o final da II Grande Guerra em 1945, a Toyota retomou os seus planos de tornar-se uma grande montadora de veículos. No entanto, qualquer análise menos pretensiosa indicava que a distância que a separava dos grandes competidores americanos era simplesmente monstruosa. Nesta época a produtividade dos trabalhadores americanos era aproximadamente dez vezes superior à produtividade da mão-de-obra japonesa (Shingo, 1981).

O fato da produtividade Americana ser tão superior à japonesa chamou a atenção para a única explicação razoável: A diferença de produtividade só poderia ser explicada pela existência de perdas no sistema de produção japonês. A partir daí, o que se viu foi a estruturação de um processo sistemático de identificação e eliminação das perdas.

O sucesso do sistema de produção em massa inspirou diversas iniciativas em todo o mundo. A Toyota Motor Co. tentou por vários anos, sem sucesso, reproduzir a organização e os resultados obtidos nas linhas de produção da Ford, até que em 1956 o então engenheiro-chefe da Toyota, Taiichi Ohno, percebeu, em sua primeira visita às fábricas da Ford, que a produção em massa precisava de ajustes e melhorias de forma a ser aplicada em um mercado discreto e de demanda variada de produtos, como era o caso do mercado japonês. Ohno notou que os trabalhadores eram sub-utilizados, as tarefas eram repetitivas além de não agregar valor, existia uma forte divisão (projeto e execução) do trabalho, a qualidade era negligenciada ao longo do processo de fabricação e existiam grandes estoques intermediários.

A Toyota começou a receber o reconhecimento mundial a partir da choque do petróleo de 1973; ano em que o aumento vertiginoso do preço do barril de petróleo afetou profundamente toda a economia mundial. Em meio a milhares de empresas que sucumbiam ou enfrentavam pesados prejuízos, a Toyota Motor Co. emergia como uma das pouquíssimas empresas a escaparem praticamente ilesas dos efeitos da crise. Este “fenômeno” despertou a curiosidade de organizações no mundo inteiro.

Nas palavras de Ohno (1988), o principal problema da Toyota no pós-guerra era “cortar custos e ao mesmo tempo produzir pequenas quantidades de muitos tipos de carros”. O modelo de produção em massa não era adequado às condições operacionais do Japão.

2.6 – A eliminação das perdas: Essência do Sistema Toyota de Produção

A essência do Sistema Toyota de Produção é a perseguição e eliminação de toda e qualquer perda. É o que na Toyota se conhece como “princípio do não-custo”.

Na Toyota, a redução dos custos através da eliminação das perdas passa por uma análise detalhada da cadeia de valor, isto é, a sequência de processos pela qual passa o material, desde o estágio de matéria-prima até ser transformado em produto acabado. O processo sistemático de identificação e eliminação das perdas passa ainda pela análise das operações, focando na identificação dos componentes do trabalho que não adicionam valor.

Ohno (1988) define o Sistema Toyota de produção como sendo a perseguição pela absoluta eliminação de perdas.

Na linguagem da engenharia industrial consagrada pela Toyota, perdas (*MUDA* em japonês) são atividades completamente desnecessárias que geram custo, não agregam valor e que, portanto, devem ser imediatamente eliminadas. Ohno, idealizador do Sistema Toyota de Produção, propôs que as perdas presentes no sistema produtivo fossem classificadas em sete grandes grupos, a saber:

- Perda por super-produção (quantidade e antecipada);
- Perda por espera;
- Perda por transporte;
- Perda no próprio processamento;
- Perda por estoque;
- Perda por movimentação;
- Perda por fabricação de produtos defeituosos.

2.6.1 - Perda por Superprodução

De todas as sete perdas, a perda por super-produção é a mais danosa. Ela tem a propriedade de esconder as outras perdas e é a mais difícil de ser eliminada.

Existem dois tipos de perdas por superprodução:

- Perda por produzir demais (superprodução por quantidade)
- Perda por produzir antecipadamente (superprodução por antecipação)

Perda por Superprodução por Quantidade: é a perda por produzir além do volume programado ou requerido (sobram peças/produtos). Este tipo de perda está fora de questão quando se aborda a superprodução no Sistema Toyota de Produção. É um tipo de perda inadmissível sob qualquer hipótese e está completamente superada na Toyota.

Perda por Superprodução por Antecipação: é a perda decorrente de uma produção realizada antes do momento necessário, ou seja, as peças/produtos fabricadas ficarão estocadas aguardando a ocasião de serem consumidas ou processadas por etapas posteriores. Esta é a perda mais perseguida no Sistema Toyota de Produção, pois é a comum de ser encontrada.

2.6.2 - Perda por Espera

O desperdício com o tempo de espera origina-se de um intervalo de tempo no qual nenhum processamento, transporte ou inspeção é executado. O lote fica “estacionado” à espera de sinal verde para seguir em frente no fluxo de produção.

Podemos destacar basicamente três tipos de perda por espera:

- Perda por Espera no Processo
- Perda por Espera do Lote
- Perda por Espera do Operador

Perda por Espera no Processo: o lote inteiro aguarda o término da operação que está sendo executada no lote anterior, até que a máquina, dispositivos e/ou operador estejam disponíveis para o início da operação (processamento, inspeção ou transporte);

Perda por Espera do Lote: é a espera a que cada peça componente de um lote é submetida até que todas as peças do lote tenham sido processadas para, então, seguir para o próximo passo ou operação. Esta perda acontece, por exemplo, quando um lote de 1000 peças está sendo processado e a primeira peça, após ser processada, fica esperando as outras 999 peças passarem pela máquina para poder seguir no fluxo com o lote completo. Esta perda é imposta sucessivamente a cada uma das peças do lote. Supondo que o tempo de processamento na máquina M seja de 10 segundos, a primeira peça foi obrigada a aguardar pelo lote todo por 2 horas e 47 minutos (999 pçs. x 10 segundos) desnecessariamente.

Perda por Espera do Operador: ociosidade gerada quando o operador é forçado a permanecer junto à máquina, de forma a acompanhar/monitorar o processamento do início ao fim, ou devido ao desbalanceamento de operações.

2.6.3 - Perda por Transporte

O transporte é uma atividade que não agrega valor, e como tal, pode ser encarado como perda que deve ser minimizada. A otimização do transporte é, no limite, a sua completa eliminação. A eliminação ou redução do transporte deve ser encarada como uma das prioridades no esforço de redução de custos pois, em geral, o transporte ocupa em média 45% do tempo total de fabricação de um item, conforme Shingo (1987).

As melhorias mais significativas em termos de redução das perdas por transporte são aquelas aplicadas ao processo de transporte, obtidas através de alterações de *lay-out* que dispensem ou eliminem as movimentações de material.

Somente após esgotadas as possibilidades de melhorias no processo é que, então, as melhorias nas operações de transporte são introduzidas. É o caso da aplicação de esteiras rolantes, transportadores aéreos, braços mecânicos, talhas, pontes rolantes, etc.

2.6.4 - Perda no Próprio Processamento

São parcelas do processamento que poderiam ser eliminadas sem afetar as características e funções básicas do produto/serviço. Podem ainda ser classificadas como perdas no próprio processamento situações em que o desempenho do processo encontra-se aquém da condição ideal. Exemplos: a baixa velocidade de corte de um torno por força de problemas de ajuste de máquina ou manutenção; o número de figuras estampadas em uma chapa metálica menor do que o máximo possível devido a um projeto inadequado de aproveitamento de material.

2.6.5 - Perda por Estoque

É a perda sob a forma de estoque de matéria-prima, material em processamento e produto acabado. Uma grande barreira ao combate às perdas por estoque é a “vantagem” que os estoques proporcionam de aliviar os problemas de sincronia entre os processos.

No Ocidente, os estoques são encarados como um “mal necessário”. O Sistema Toyota de Produção utiliza a estratégia de diminuição gradativa dos estoques intermediários como uma forma de identificar outros problemas no sistema, escondidos por trás dos estoques.

2.6.6 - Perda por Movimentação

As perdas por movimentação relacionam-se aos movimentos desnecessários realizados pelos operadores na execução de uma operação. Este tipo de perda pode ser eliminado através de melhorias baseadas no estudo de tempos e movimentos. Tipicamente, “a introdução de melhorias como resultado do estudo dos movimentos pode reduzir os tempos de operação em 10 a 20%”, Ohno (1977).

A racionalização dos movimentos nas operações é obtida também através da mecanização de operações, transferindo para a máquina atividades manuais realizadas pelo operador. Contudo, vale alertar que a introdução de melhorias nas operações via mecanização é recomendada somente após terem sido esgotadas todas as possibilidades de melhorias na movimentação do operário e eventuais mudanças nas rotinas das operações.

2.6.7 - Perda por fabricação de Produtos Defeituosos

A perda por fabricação de produtos defeituosos é o resultado da geração de produtos que apresentem alguma de suas características de qualidade fora de uma especificação ou padrão estabelecido e que por esta razão não satisfaçam a requisitos de uso. No Sistema Toyota de Produção, a eliminação das perdas por fabricação de produtos defeituosos depende da aplicação sistemática de métodos de controle na fonte, ou seja, junto à causa-raíz do defeito.

2.7 - Os Pilares de Sustentação do Sistema Toyota de Produção (TPS):

Just-in-Time (JIT) e Jidoka

O Just-in-time (*JIT*) tem a capacidade de colocar em prática o princípio da redução dos custos através da completa eliminação das perdas. Talvez, por seu impacto sobre os tradicionais

métodos de gerenciamento, tenha se criado uma identidade muito forte com o próprio *TPS*. No entanto, o *TPS* não deve ser interpretado como sendo essencialmente o *JIT*, o que por certo limitaria sua verdadeira abrangência e potencialidade. O *JIT* é nada mais do que uma técnica de gestão incorporada à estrutura do *TPS* que, ao lado do *jidoka*, ocupa a posição de pilar de sustentação do sistema.

Existem diferentes formas de representar a estrutura do Sistema Toyota de Produção. A figura 5 apresenta o *TPS* com seus dois pilares – *JIT* e *Jidoka* – e outros componentes essenciais do sistema. Segundo este modelo, o objetivo da Toyota é atender da melhor maneira as necessidades do cliente, fornecendo produtos e serviços da mais alta qualidade, ao mais baixo custo e no menor *lead time* possível. Tudo isso enquanto assegura um ambiente de trabalho onde segurança e moral dos trabalhadores constitua-se em preocupação fundamental da gerência.

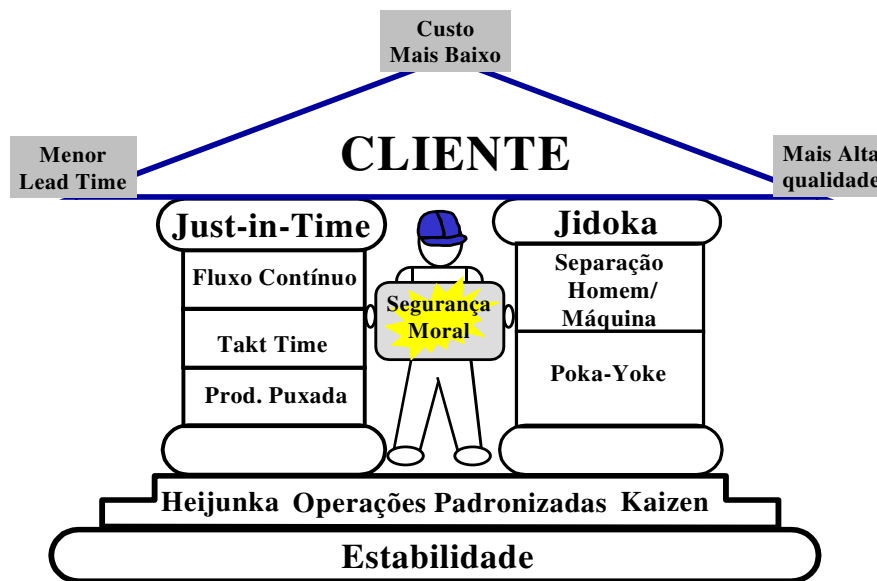


Fig. 5 – A Estrutura do Sistema Toyota de Produção
Fonte: Ohno (1997)

2.7.1 - Just-In-Time

A expressão em inglês "Just-In-Time" foi adotada pelos japoneses, mas segundo Manoochehri (1988), não se consegue precisar a partir de quando ela começou a ser utilizada.

Fala-se do surgimento da expressão na indústria naval, sendo incorporada, logo a seguir, pelas indústrias montadoras. Portanto, já seria um termo conhecido e amplamente utilizado nas indústrias antes das publicações que notabilizaram o *JIT* como um desenvolvimento da Toyota Motor Co. No entanto, Ohno afirma que o conceito *JIT* surgiu da idéia de Kiichiro Toyoda de que, numa indústria como a automobilística, o ideal seria ter todas as peças ao lado das linhas de montagem no momento exato de sua utilização.

Toomey (1996) define o Sistema Just in Time como uma filosofia que busca atender ao máximo o consumidor enquanto melhora a qualidade e a produtividade. Frisa que o Just in Time pode ser também definido como: manufatura de classe mundial, manufatura de valor agregado, ou manufatura de melhorias contínuas.

Just-In-Time significa que cada processo deve ser suprido com os itens certos, no momento certo, na quantidade certa e no local certo. O objetivo do *JIT* é identificar, localizar e eliminar as perdas, garantindo um fluxo contínuo de produção. A viabilização do *JIT* depende de três fatores intrinsecamente relacionados: fluxo contínuo, *takt time* e produção puxada.

2.7.1.1 – Fluxo Contínuo

O fluxo contínuo é a resposta à necessidade de redução do *lead time* (tempo necessário para que uma determinada ordem de fabricação esteja produzida a partir de sua data de liberação) de produção. A implementação de um fluxo contínuo na cadeia de agregação de valor normalmente requer a reorganização e rearranjo do *layout* fabril, convertendo os tradicionais *layouts* funcionais (ou *layouts* por processos) – onde as máquinas e recursos estão agrupadas de acordo com seus processos (ex.: grupo de fresas, grupo de retíficas, grupo de prensas, etc.) – para células de manufatura compostas dos diversos processos necessários à fabricação de determinada família de produtos.

A conversão das linhas tradicionais de fabricação e montagem em células de manufatura é somente um pequeno passo em direção à implementação da produção enxuta. O que realmente conduz ao fluxo contínuo é a capacidade de implementar um fluxo unitário (um a um) de produção, onde, no limite, os estoques entre processos sejam completamente eliminados (vide

representação da figura 6). Desta forma garante-se a eliminação das perdas por estoque, perdas por espera e obtemos a redução do *lead time* de produção.

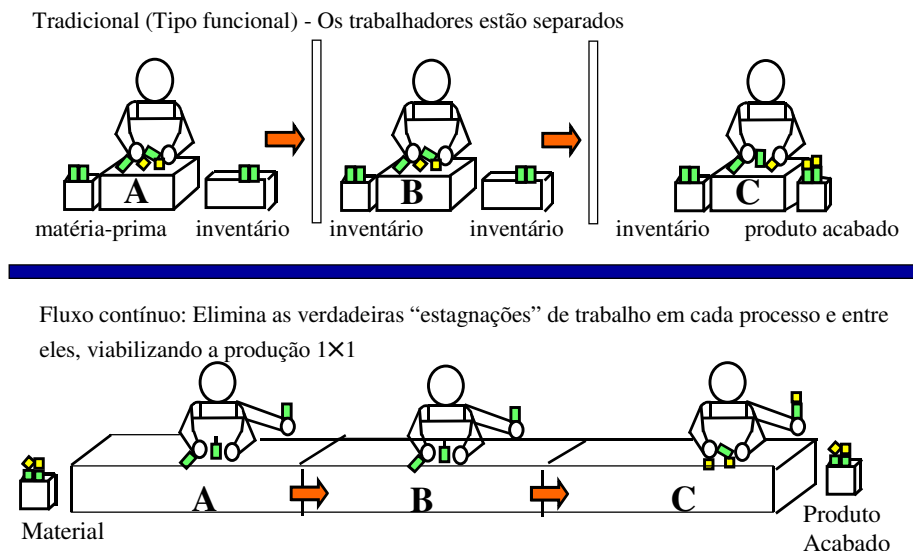


Fig. 6 – Fluxo de Produção Tradicional versus Fluxo Unitário Contínuo
Fonte: Ohno (1997)

A implementação de um fluxo contínuo de produção torna necessário um perfeito balanceamento das operações ao longo da célula de fabricação/montagem. A abordagem da Toyota para o balanceamento das operações difere diametralmente da abordagem tradicional. Conforme demonstra a figura 7, o balanceamento tradicional procura nivelar os tempos de ciclo de cada operador, de forma a fazer com que ambos trabalhadores recebam cargas de trabalho semelhantes. O tempo de ciclo é o tempo total necessário para que um trabalhador execute todas as operações alocadas a ele.

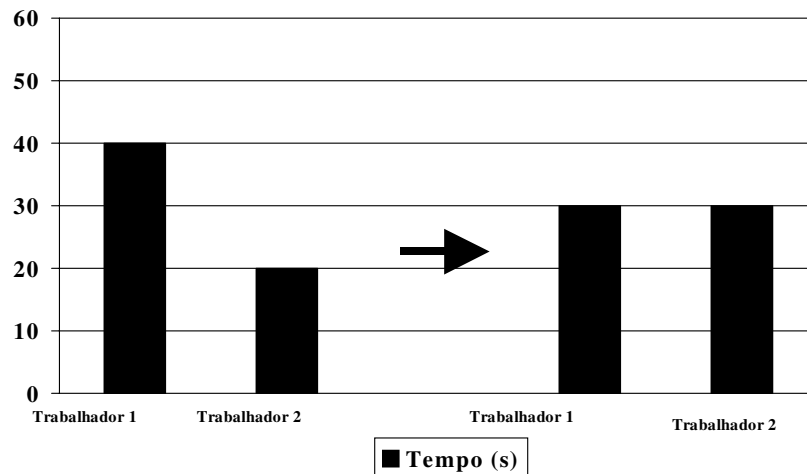


Fig. 7 – Balanceamento de Operações Tradicional
Fonte: Ohno (1997)

2.7.1.2 – Takt Time

Na Toyota, o balanceamento das operações está fundamentalmente ligado ao conceito do *takt time*. O *takt time* é o tempo necessário para produzir um componente ou um produto completo, baseado na demanda do cliente. Em outras palavras, o *takt time* associa e condiciona o ritmo de produção ao ritmo das vendas.

Na lógica da “produção puxada” pelo cliente, o fornecedor produzirá somente quando houver demanda de seu cliente. O *takt time* é dado pela seguinte fórmula:

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tempo total disponível}}{\text{Demanda do cliente}}$$

Portanto, no exemplo hipotético, ilustrado na figura 8, o *takt time* = 50 segundos é calculado conforme segue:

Demanda = 576 peças/dia

Tempo total disponível = 8 horas (28.800 segundos)

$Takt\ time = 28.800\ segundos \div 576\ peças = 50\ segundos/peça$

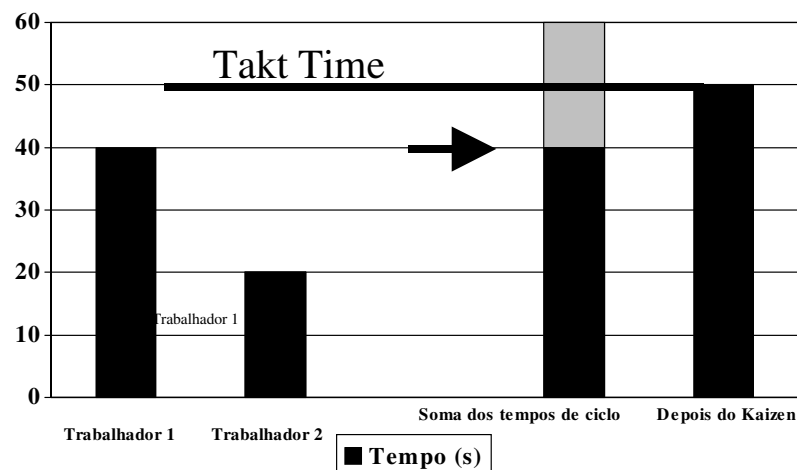


Fig. 8 – Balanceamento de Operações na Toyota
Fonte: Ohno (1997)

Logo, como a lógica é “produzir ao ritmo da demanda”, o tempo de ciclo de cada operador deve ser idealmente igual ao *takt time*. Portanto, ao invés de termos dois operadores com tempos de ciclo de 30 segundos, conforme o balanceamento da figura 7, procura-se alocar todas as operações a um único operador (vide coluna “soma dos tempos de ciclo” na figura 8) para, logo a seguir, como resultado de um processo de melhoria (*kaizen*), reduzir o tempo de ciclo deste operador até ficar compatível com o *takt time* de 50 segundos (coluna “Depois do Kaizen” da figura 8), ao final deste processo consegue-se a redução de um operador.

2.7.1.3 – Produção Puxada

O conceito de produção puxada confunde-se com a própria definição de *Just-In-Time*, que é produzir somente os itens certos, na quantidade certa e no momento certo. No Sistema Toyota de Produção, o ritmo da demanda do cliente final deve repercutir ao longo de toda a cadeia de valor,

desde o armazém de produtos acabados até os fornecedores de matérias-primas. A informação de produção deve fluir de processo em processo, em sentido contrário ao fluxo dos materiais, isto é, do processo-cliente para o processo-fornecedor.

Um sistema de produção trabalhando sob a lógica da produção puxada produz somente o que for vendido, evitando a super-produção. Ainda, sob esta lógica, a programação da produção é simplificada e auto-regulável, eliminando as contínuas reavaliações das necessidades de produção e as interferências das instruções verbais, características da produção empurrada.

Conforme Ohno (1988) o Sistema Toyota de Produção fundamenta-se em dois pilares: *o sistema kanban e a autonomia (Jidoka)*.

A produção puxada na Toyota é viabilizada através do *kanban*, um sistema de sinalização entre cliente e fornecedor que informa ao processo-fornecedor exatamente o que, quanto e quando produzir. O sistema *kanban* tem como objetivo controlar e balancear a produção, eliminar perdas, permitir a reposição de estoques baseado na demanda e constituir-se num método simples de controlar visualmente os processos. Existem diversos tipos de sistema *kanban*; o sistema representado na figura 9 é o sistema *kanban* de dois cartões, também conhecido como *kanban* do tipo A.

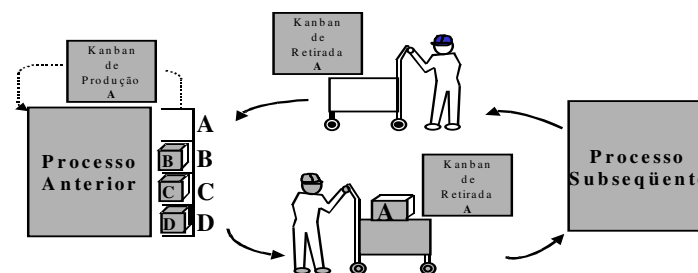


Fig. 9 – Sistema Kanban: Produção Puxada

Fonte: Ohno (1977)

Através do sistema *kanban*, o processo subseqüente (cliente) vai até o supermercado (estoque) do processo anterior (fornecedor) de posse do *kanban* de retirada que lhe permite retirar

deste estoque exatamente a quantidade do produto necessária para satisfazer suas necessidades. O *kanban* de retirada então retorna ao processo subsequente acompanhando o lote de material retirado. No momento da retirada do material pelo processo subsequente, o processo anterior recebe o sinal para iniciar a produção deste item através do *kanban* de produção, que estava anexado ao lote retirado.

2.7.2 – Jidoka

Em 1926, quando a família Toyoda ainda concentrava seus negócios na área têxtil, Sakichi Toyoda inventou um tear capaz de parar automaticamente quando a quantidade programada de tecido fosse alcançada ou quando os fios longitudinais ou transversais da malha fossem rompidos. Desta forma, ele conseguiu dispensar a atenção constante do operador durante o processamento, viabilizando a supervisão simultânea de diversos teares. Esta inovação revolucionou a tradicional e centenária indústria têxtil.

Em 1932, o recém-formado engenheiro mecânico Taiichi Ohno integrou-se à Toyoda Spinning and Weaving, onde permaneceu até ser transferido para a Toyota Motor Company Ltd. em 1943. Tendo recebido “carta-branca” de Kiichiro Toyoda, então presidente do grupo, Ohno começou a introduzir mudanças nas linhas de fabricação da fábrica Koromo da Toyota Motor Company em 1947.

Ohno sabia que havia duas maneiras de aumentar a eficiência na linha de fabricação: aumentando a quantidade produzida ou reduzindo o número de trabalhadores. Em um mercado discreto como o mercado doméstico japonês há epoca, era evidente que o incremento na eficiência só poderia ser obtido a partir da diminuição do número de trabalhadores. A partir daí, Ohno procurou organizar o *layout* em linhas paralelas ou em forma de "L", de maneira que um trabalhador pudesse operar 3 ou 4 máquinas ao longo do ciclo de fabricação, conseguindo com isso, aumentar a eficiência da produção de 2 a 3 vezes.

A implementação desta nova forma de organização exigiu de Ohno a formulação da seguinte questão: “Porque uma pessoa na Toyota Motor Company é capaz de operar apenas uma máquina enquanto na fábrica têxtil Toyoda uma operadora supervisiona 40 a 50 teares automáticos?” A

resposta era que as máquinas na Toyota não estavam preparadas para parar automaticamente quando o processamento estivesse terminado ou quando algo de anormal acontecesse.

A invenção de Sakichi Toyoda, aplicada às máquinas da Toyota Motor Company, deu origem ao conceito de *Jidoka* ou *automação*, como também é conhecido. Na verdade, a palavra *jidoka* significa simplesmente automação. *Ninben no aru jidoka* expressa o verdadeiro significado do conceito, ou seja, que a máquina é dotada de inteligência e toque humano.

Ainda que o *jidoka* esteja freqüentemente associado à automação, ele não é um conceito restrito às máquinas. No TPS, *jidoka* é ampliado para a aplicação em linhas de produção operadas manualmente. Neste caso, qualquer operador da linha pode parar a produção quando alguma anormalidade for detectada. *Jidoka* consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anormalidade.

A idéia central é impedir a geração e propagação de defeitos e eliminar qualquer anormalidade no processamento e fluxo de produção. Quando a máquina interrompe o processamento ou o operador para a linha de produção, imediatamente o problema torna-se visível ao próprio operador, aos seus colegas e à sua supervisão.

Isto desencadeia um esforço conjunto para identificar a causa fundamental e eliminá-la, evitando a reincidência do problema e conseqüentemente reduzindo as paradas da linha.

Quando Ohno iniciou suas experiências com o *jidoka*, as linhas de produção paravam a todo instante, mas à medida que os problemas iam sendo identificados, o número de erros começou a diminuir vertiginosamente. Hoje, nas fábricas da Toyota, o rendimento das linhas se aproxima dos 100%, ou seja, as linhas praticamente não param.

Os dois elementos que fazem parte do Jidoka são a separação entre a Máquina e o Homem e o Poka-yoke, os quais são descritos a seguir.

2.7.2.1 - A Separação entre a Máquina e o Homem

A relação entre a máquina e o homem, caracterizada pela permanência do operador junto à máquina durante a execução do processamento, não é tão fácil de ser rompida, pois é uma prática característica da indústria tradicional. No entanto, o aprimoramento de dispositivos capazes de detectar anormalidades promoveu a separação entre a máquina e o homem e contribuiu para o desenvolvimento de funções inteligentes nas máquinas (automação com funções humanas).

A separação entre a máquina e o homem é um requisito fundamental para a implementação do *jidoka*. Na prática, a separação que ocorre é entre a detecção da anormalidade e a solução do problema. A detecção pode ser uma função da máquina, pois é técnica e economicamente viável, enquanto a solução ou correção do problema continua como responsabilidade do homem. Desta forma, a transferência das atividades manuais e funções mentais (inteligência) do homem para a máquina, permite que o trabalhador opere mais de uma máquina simultaneamente (vide fig. 10).

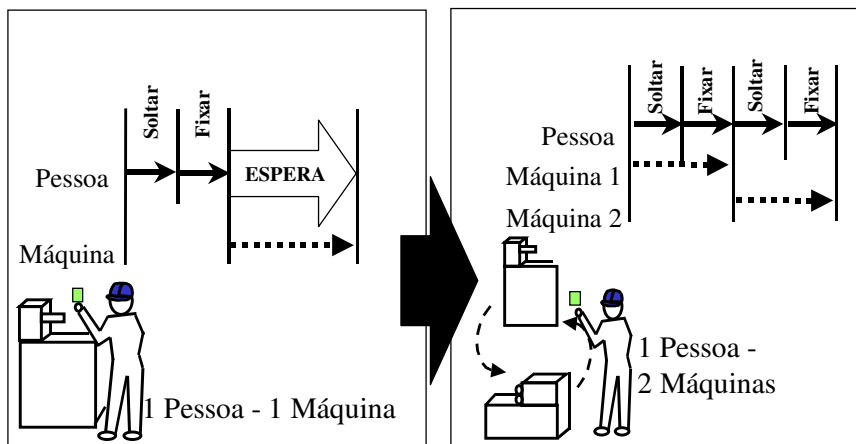


Fig. 10 – Separação entre o Homem e a Máquina

Fonte: Ohno (1977)

No Sistema Toyota de Produção, não importa se a máquina executa as funções de fixação/remoção da peça e de acionamento, automaticamente. O importante é que, antes disto, ela tenha a capacidade de detectar qualquer anormalidade e parar imediatamente.

2.7.2.2 - Poka-Yoke

O segundo componente do pilar *jidoka* é o dispositivo *poka-yoke*. O *poka-yoke* é um mecanismo de detecção de anormalidades que, acoplado a uma operação, impede a execução irregular de uma atividade. O *poka-yoke* é uma forma de bloquear as principais interferências na execução da operação.

Os dispositivos *poka-yoke* são a maneira pela qual o conceito do *jidoka* é colocado em prática. A aplicação dos dispositivos *poka-yoke* permite a separação entre a máquina e o homem e o decorrente exercício do *jidoka*.

Segundo Ohno a utilização de dispositivos a prova de erros permite retirar “das costas” do operador a culpa pelos defeitos que podem ocorrer no processo, permitindo que dispositivos especiais tenham a função de detectar tais não conformidades.

Na Toyota, os dispositivos *poka-yoke* são utilizados na detecção da causa-raíz dos defeitos, ou seja, os erros na execução da operação. Para tanto, são aplicados em regime de inspeção 100% associados à inspeção na fonte. A utilização de dispositivos *poka-yoke* associados à inspeção sucessiva ou auto-inspeção somente se justifica em casos de inviabilidade técnica ou econômica para a aplicação na fonte.

Fazendo parte da estrutura do Sistema Toyota de Produção também são encontradas duas importantes ferramentas que servem para dar sustentação a todo sistema, e são as operações padronizadas e o Heijunka

2.7.3 - Operações Padronizadas

Os pilares *JIT* (Just-in-Time) e *Jidoka* estão assentados sobre uma base formada pelo *heijunka* (nivelamento da produção), operações padronizadas e *kaizen* (melhoria contínua), conforme ilustrado na figura 5, página 23. O primeiro desses elementos – a operação padronizada – pode ser definido como um método efetivo e organizado de produzir sem perdas.

A padronização das operações procura obter o máximo de produtividade através da identificação e padronização dos elementos de trabalho que agregam valor e da eliminação das perdas. O balanceamento entre os processos e a definição do nível mínimo de estoque em processamento também são objetivos da padronização das operações.

Os componentes da operação padronizada são: o *takt time*, a rotina-padrão de operações e a quantidade-padrão de inventário em processamento (vide figura 11).

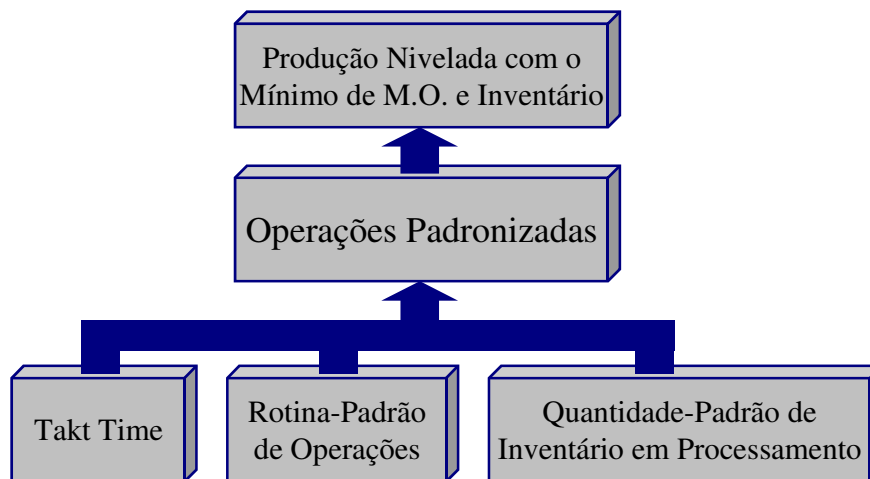


Fig. 11 – Componentes da Operação Padronizada
Fonte: Ohno (1997)

A rotina-padrão de operações é um conjunto de operações executadas por um operador em uma seqüência determinada, permitindo-lhe repetir o ciclo de forma consistente ao longo do tempo. A determinação de uma rotina-padrão de operações evita que cada operador execute aleatoriamente os passos de um determinado processo, reduzindo as flutuações de seus respectivos tempos de ciclo e permitindo que cada rotina seja executada dentro do *takt time*, de forma a atender a demanda.

A quantidade-padrão de inventário em processamento é a mínima quantidade de peças em circulação necessária para manter o fluxo constante e nivelado de produção. Este nível pode variar de acordo com os diferentes *layouts* de máquina e rotinas de operações. Se a rotina de operações segue na mesma ordem do fluxo do processo, é necessário somente uma peça em processamento em cada máquina, não sendo necessário manter qualquer estoque entre as máquinas. Se a rotina é executada em direção oposta à seqüência de processamento, é necessário manter no mínimo uma peça entre as operações.

Na determinação da quantidade-padrão de inventário em processamento, devem ser considerados os pontos de teste e verificação do produto. Pequenas quantidades podem ser requeridas nestes pontos. Outra questão importante é a influência da temperatura, quando esta variável interfere no processo, deve-se considerar a quantidade necessária para que a elevação de temperatura provocada pela operação anterior seja compensada.

2.7.4 - Heijunka – Nivelamento da Produção

Heijunka é a criação de uma programação nivelada através do seqüenciamento de pedidos em um padrão repetitivo e do nivelamento das variações diárias de todos os pedidos para corresponder à demanda no longo prazo. Dito de outra maneira, *heijunka* é o nivelamento das quantidades e tipos de produtos.

Segundo Ritman e Krajewski (1988) o nivelamento da produção é fator essencial para redução dos estoques, atendimento as necessidades do cliente e um fluxo de caixa saudável.

A programação da produção através do *heijunka* permite a combinação de itens diferentes de forma a garantir um fluxo contínuo de produção, nivelando também a demanda dos recursos de produção. O *heijunka*, da forma como é utilizado na Toyota, permite a produção em pequenos lotes e a minimização dos inventários.

O exemplo a seguir ilustra de forma clara a mecânica do *heijunka*. O quadro 5 apresenta as demandas para 5 diferentes modelos de automóveis, supondo 480 minutos disponíveis por dia. A última coluna apresenta os *takt times* para cada modelo, assumindo que a fábrica tivesse condições de dedicar uma linha de montagem para cada um dos modelos. No entanto, sabe-se que na prática os diferentes modelos devem ser montados em uma única linha de montagem. Neste caso, se todas as 480 unidades forem montadas nesta linha, o *takt time* deve ser de 1 minuto ($480 \text{ minutos} \div 480 \text{ unidades}$). Como, então, satisfazer diferentes demandas se o ritmo da linha é único e constante?

Quadro 5 – Nivelamento da Produção de 5 Modelos

Modelo	Produção Mensal (20 dias)	Produção Diária (480 min.)	Takt Time (minutos)
Modelo A	4.800 unid.	240 unid.	2 min.
Modelo B	2.400 unid.	120 unid.	4 min.
Modelo C	1.200 unid.	60 unid.	8 min.
Modelo D	600 unid.	30 unid.	16 min.
Modelo E	600 unid.	30 unid.	16 min.
Total	9.600 unid.	480 unid.	1 min.

A resposta é proporcionada pelo *heijunka*, que define uma determinada seqüência de montagem (neste caso hipotético, AABACDAE) que, se repetida ciclicamente, é capaz de atender a demanda de cada um dos diferentes modelos como se estivessem sendo montados em linhas exclusivas. O sequenciamento da produção ocorre tomando como base a carteira de pedidos e utilizando-se sistemas informatizados, como por exemplo, o sistema SAP.

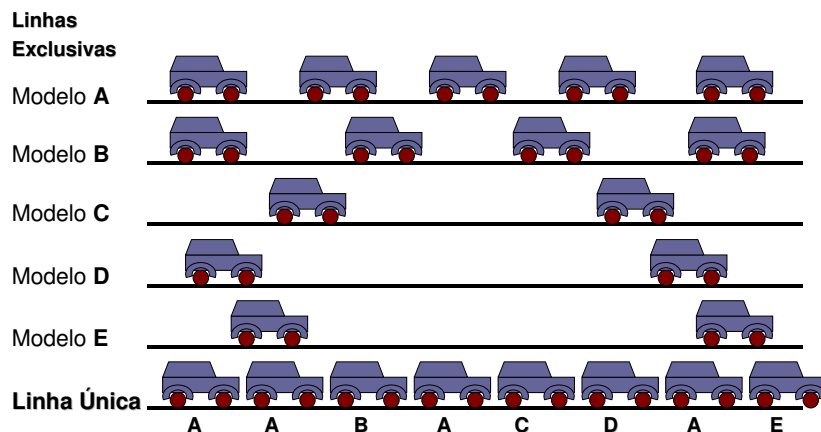


Fig. 12 – Linha de Montagem nivelada

2.7.5 - Kaizen: Melhoria Contínua

O terceiro componente da base sobre a qual estão assentados os pilares do *TPS* é o *kaizen*. *Kaizen* é a melhoria incremental e contínua de uma atividade, focada na eliminação de perdas (*muda*), de forma a agregar mais valor ao produto/serviço com um mínimo de investimento.

Ohno (1988) faz uma analogia para explicar a melhoria contínua olhando a linha do tempo entre a colocação do pedido pelo cliente e o recebimento pelo atendimento a este pedido. Realizar melhoria contínua consiste em reduzir este espaço, eliminando todas as atividades que representam desperdícios.

A prática do *kaizen* depende do contínuo monitoramento dos processos, através da utilização do ciclo de Deming (ciclo PDCA ou PDSA). Neste sentido a análise dos processos é relevante para a manutenção e melhoria dos mesmos, contemplando inclusive o planejamento, padronização e a documentação destes. O uso do PDCA pode ser assim descrito:

P (Plan = Planejar): Definir o que queremos, planejar o que será feito, estabelecer metas e definir os métodos que permitirão atingir as metas propostas.

D (Do = Executar): Tomar iniciativa, treinar, implementar, executar o planejado conforme as metas e métodos definidos.

C (Check = Verificar): Verificar os resultados que se está obtendo, verificar continuamente os trabalhos para ver se estão sendo executados conforme planejado.

A (Action = Agir): Fazer correções de rotas se for necessário, tomar ações corretivas ou de melhoria, caso tenha sido constatada na fase anterior a necessidade de corrigir ou melhorar processos.

A figura 13 apresenta a importância da relação entre padronização e o *Kaizen*. A melhoria estável, que permitirá lançar o processo no próximo nível, só pode ser alcançada a partir de processos padronizados. A subida pela escada (processo de *Kaizen*) só pode ser considerada segura e contínua se todos os degraus (padronização das operações), um após o outro, forem construídos de forma sólida e consistente. A prática do *Kaizen* sem padronização corresponde a tentativa de subir a escada, depositando-se todo o peso do corpo sobre um degrau mal estruturado; o risco do degrau ruir e com ele nos levar escadaria abaixo é iminente.

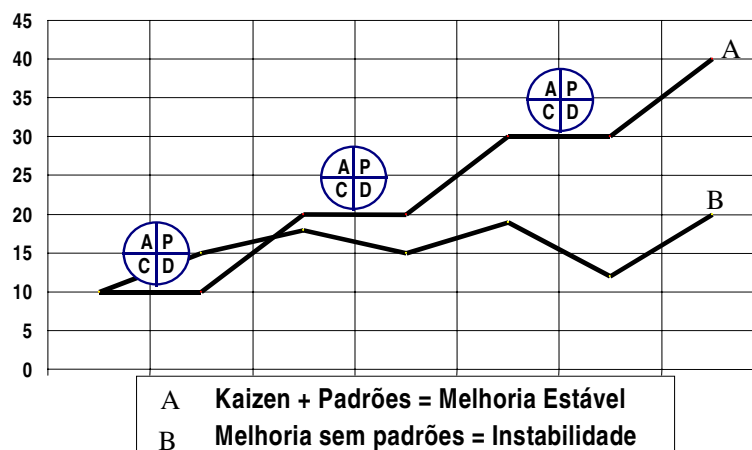


Fig. 13 – Kaizen e Padronização

Fonte: Ohno (1997)

2.7.6 – Estabilidade dos processos

A “estabilidade” dos processos é a base de todo o Sistema Toyota de Produção, conforme ilustrado na figura 5, página 23. Somente processos capazes, sob controle e estáveis podem ser padronizados de forma a garantir a produção de itens livres de defeitos (resultante do pilar *Jidoka*), na quantidade e momento certo (resultantes do pilar *JIT*). A estabilidade dos processos é um pré-requisito para a implementação do *TPS*.

O planejamento da produção e das próprias ações de melhoria só pode ser executado em um ambiente sob controle e previsível. O processo de identificação da *muda* ao longo da cadeia de valor deve ser conduzido em condições estáveis, caso contrário o que se verifica não é solução de problemas de forma sistemática mas a prática de “apagar incêndio”

2.8 – Sistema Toyota: Benchmark para outras organizações

Passaram-se mais de 50 anos desde que o engenheiro Taiichi Ohno começou a implementar suas idéias revolucionárias no chão-de-fábrica da Toyota. Ainda assim, todos os colaboradores da Toyota entendem que o *TPS* ainda está em processo de aprimoramento, uma vez que o *kaizen* deve continuar a ser aplicado na melhoria da estrutura do próprio sistema.

O Sistema Toyota de Produção é, inegavelmente, o *benchmark* para as organizações industriais no mundo inteiro. Contudo, o Sistema Toyota de Produção não deve e nem pode ser simplesmente “copiado” por outras indústrias. O processo de “enxugamento” (tornar outras empresas tão “enxutas” quanto a Toyota) de outros sistemas de produção deve ser conduzido a partir de um profundo e perfeito entendimento acerca dos conceitos, princípios fundamentais e componentes do Sistema Toyota de Produção pois este é um processo de adaptação do modelo original.

É fundamental, também, que se perceba o desempenho superior da Toyota Motor Co. em relação aos seus competidores como resultado da aplicação sistemática e concatenada dos elementos componentes do *TPS*. A rápida resposta à demanda do mercado não é consequência do

uso do *kanban*; nem a mais alta produtividade da mão-de-obra resulta da utilização de células em “U”. Também não é por causa do uso de dispositivos *poka-yoke* que a qualidade dos automóveis Toyota é superior à de seus concorrentes. Os resultados obtidos pela Toyota decorrem da aplicação de um sistema de gerenciamento focado no atendimento das necessidades do cliente via eliminação total das perdas presentes na cadeia de agregação de valor (Shingo, Shigeo – 1981).

Capítulo 3

Preparação para implantação do Sistema Lean

Neste capítulo serão descritos quais os cuidados que deve-se ter no processo de migração do sistema tradicional de manufatura, onde a produção é empurrada, para o Sistema Lean de Manufatura onde a produção é puxada e as atividades que não agregam valor ao produto na cadeia de agregação de valores são fortemente combatidas.

3.1 – Importância da preparação

Para que a implantação do Sistema Lean possa atingir os objetivos esperados pela empresa, antes de seu início propriamente dito é necessário que haja um preparo inicial

Um dos pontos principais a ser trabalhado é difundir o novo conceito a todos os níveis da organização e criar um ambiente onde as pessoas possam interagir no processo de mudança, pois desta forma o medo pelo novo e pelo que possa vir a acontecer será menor e a resistência as mudanças não será tão significativa.

É natural e esperado que as empresas ao iniciarem a implantação do Sistema Lean de Manufatura comecem a eliminar tudo aquilo que não agrega valor na cadeia de agregação de valor do produto e como consequência deste processo começar a surgir ociosidade de mão-de-obra, o que acaba gerando um ambiente de medo e insegurança devido a possibilidade de demissões.

As empresas que pretendem implantar o Sistema Lean de Manufatura devem adotar a total transparência com seus funcionários, apresentando o porquê de sair do sistema tradicional e

migrar para o Sistema Lean de Manufatura, as vantagens do novo sistema, o que ele irá trazer de benefícios para a empresa e para o trabalhador e o que deverá mudar na rotina de trabalho de cada trabalhador e qual será o grau de interação do trabalhador na transição para o novo sistema.

3.2 – Componentes das mudanças

O mais importante e essencial para as organizações que buscam as transformações são entender que o significado do Lean e do Kaizen é manter o processo sólido e confiável, mas sem inibir a criatividade e inovação das pessoas na busca da melhoria contínua.

Para a jornada da transformação de uma empresa que aplica o sistema tradicional de produção, com produção empurrada, para uma empresa Lean é necessário ocorrer a interação de alguns processos para que os mesmos possam apoiar as operações Lean:

- Sistema de informação;
- Relações da cadeia de suprimentos;
- Sistema de incentivo e políticas gerências;
- Estrutura organizacional;
- Comprometimento da força de trabalho.

3.2.1 – Sistema de informação

No processo de transformação do sistema tradicional de produção para o sistema Lean a grande mudança alavancada está na passagem dos métodos de empurrar para o método de puxar a produção, baseados na demanda ou necessidade dos clientes.

Empurrar um produto por uma fábrica, de modo que atenda a verdadeira demanda de mercado fez com que os sistemas de produção da década de 60, como MRP, ERP e outros, literalmente fossem se tornando obsoletos, a partir da divulgação dos princípios da produção enxuta, tornando a função dos módulos de controle e programação de fábrica contidos nesses sistemas, pouco clara ou desnecessária. Por este motivo, no início da implantação do Sistema

Lean , as empresas devem tomar a decisão de utilizar os módulos apropriados desses sistemas simplesmente como dispositivos de explosão de lista de materiais e de simulação ou planejamento, em lugar de utilizar como ferramentas operacionais.

O Sistema de puxar a produção de acordo com a demanda passa a ser simples e claro e o auxílio do computador tem aplicabilidade limitada e específica na operação Lean.

3.2.2 – Relações da cadeia de suprimentos

Mudar a cadeia, de empurrar para puxar a produção, implica em mudar toda a cadeia de suprimentos, desde as matérias-primas até as relações com os fornecedores. Desenvolver fortes parcerias com o fornecedor, com comunicações efetivas e agilizadas facilita a mudança para o sistema de puxar.

3.2.3 – Sistemas de incentivos e políticas gerenciais

Com a mudança do sistema de empurrar para o sistema de puxar a produção, as velhas formas de premiação de funcionários pelo volume de trabalho, independente da qualidade ou da demanda real devem ser abolidas, uma vez que este sistema somente colabora de maneira oposta daquele exigido para uma transformação bem sucedida a uma cultura Lean.

Uma forma mais atrativa e eficiente de incentivo aos funcionários e que vem de encontro a cultura Lean é premiar os funcionários pelo atendimento a demanda, isto é, produzir na quantidade correta aquilo que o cliente deseja, considerando os aspectos de qualidade e o desempenho financeiro da empresa.

3.2.4 – Estrutura organizacional

Um primeiro passo para romper com as estruturas organizacionais tradicionais de comando e controle é considerar e empregar ativos de produção dedicados a famílias de produtos específicos. Cada família de produtos é fabricada em uma célula dedicada a esse fim.

Simplicidade, processo perfeito e foco no cliente tornam-se conceitos-chave na organização Lean.

Especificamente para criar impulso e desenvolver um foco forte e reativo na força de trabalho, a empresa deve empregar todos os seus ativos, isto é, pessoas e máquinas, dedicadas a linha de produto, em lugar de funções. Quando as equipes criam células destinadas a família de produtos, estão concentrando as operações de processamento em uma única área, podendo assim, deslocar engenheiros e os projetistas para ela, de modo que trabalhem na linha de frente, acompanhando todo o ciclo do produto.

3.2.5 – Comprometimento da força de trabalho

No processo de mudança do sistema de produção os funcionários desempenham um papel fundamental, pois tem participação direta neste processo de mudança. Os funcionários devem estar comprometidos com os conceitos do produto, trabalhando ativamente para criar novos métodos e processos muito antes da criação do primeiro protótipo.

Outro benefício adicional é o da gerencia poder usar o comprometimento dos funcionários como oportunidade para ensinar noções de objetivos financeiros a eles, por exemplo, relacionar um bom dia de produção aos desafios do mercado.

Quando os funcionários entendem que a nova estrutura está lhes oferecendo estabilidade de emprego e oportunidades diárias de motivação, eles sentem maior satisfação no trabalho e passam a discutir de maneira mais aberta os fatos que realmente tem influência em suas operações.

Estruturas organizacionais Lean podem ajudar a construir esta confiança e abertura.

3.3 – O papel do dirigente na gestão da mudança

A gerencia além de criar estruturas organizacionais Lean tem como tarefas entender, antecipar e gerenciar a mudança contínua. Todas as atividades Lean começam com enorme entusiasmo e energia, mas inevitavelmente há um esmorecimento, e a alta gerência deve aprender

a prever e a administrar os momentos de desânimo, assim como também reconhecer os de sucesso.

3.4 – Visão de mudança

O primeiro passo em gestão de mudança é estabelecer e comunicar uma visão clara de mudança, desenvolver objetivos alcançáveis, porém ousados e que estejam alinhados com os objetivos da empresa, e transmitir energia e coragem a todos os colaboradores.

Ter e divulgar uma visão clara de mercado e a necessidade de sobrevivência do empreendimento a longo prazo é muito importante pois acaba criando uma consciência aguda sobre o cliente, o mercado e a concorrência, e isto certamente irá gerar urgência em uma liderança bem informada. A discussão de temas ou mesmo slogans anuais ajudam a impulsionar a mudança.

3.5 – Avaliação para mudança

Esta é uma etapa bastante importante e que deve ser cuidadosamente trabalhada para que após o início do processo de mudança propriamente dito os resultados esperados sejam atingidos.

Durante esta fase de preparação é necessário conhecer e analisar a cultura da empresa como também a força de trabalho. A avaliação inclui entrevistas e apresentações feitas pelos dirigentes, porém o mais importante é conhecer o local de trabalho das pessoas. Conhecer bem as atividades da empresa, desde a expedição até o recebimento, analisando as características do produto. De posse destas informações é possível formar uma idéia mais precisa de qual linha ou área deve ser a linha modelo para dar início aos trabalhos. A medida que passa-se a conhecer o chão-de-fábrica é que é possível formar uma realidade abstrata de qual resultado final pode ser atingido. O chão-de-fábrica é muito rico em informações, conversar com os líderes, identificar se são abertos e receptivos, o que normalmente costumam fazer quando as linhas estão paradas, verificar se a produção é limpa e empurrada, o grau de comprometimento dos operadores, todas estas fatores podem informar potenciais barreiras de mudança.

Obter informações no fluxo , isto é, se existem pessoas ociosas ou exercendo atividades que não agregam valor ao produto, ou materiais e máquinas paradas, materiais que não estão se movendo e que poderiam ser unidades de uma linha de montagem em que ninguém está trabalhando, ou então um grande número de pessoas ao redor de máquinas com o processo parado são elementos que auxiliam a desenhar um quadro final com os resultados possíveis de serem atingidos.

Um guia que pode servir como modelo para a análise atual de uma empresa e ajudar a traçar o quadro de onde se pode chegar após as mudanças estará sendo apresentada a seguir (quadro 6) e pode servir como referência na fase de coleta de dados e análise. Neste quadro encontram-se vários pontos que devem ser observados no “*chão-de-fábrica*” e que indicarão a situação atual em que a empresa se encontra com relação a cada um destes pontos observados. Estes pontos também auxiliarão na estratégia de definir um quadro futuro com a projeção de onde a empresa poderá chegar com os ganhos a serem obtidos com a implantação do Sistema Lean de Manufatura.

A avaliação e a visita a fábrica ajudarão os líderes da manufatura Lean a selecionar melhor o local para o primeiro projeto. Essa primeira experiência Kaizen inicial é importante porque se trata de uma oportunidade local de concentrar a aprendizagem de todos na mesma área.

As entrevistas de avaliação devem incluir pessoas das áreas de engenharia, controle de produção, materiais, compras, finanças e custeio. Informações colhidas nas entrevistas e observações feitas durante a visita à fábrica são utilizadas para construir um mapa da cadeia de valor, e por meio deste mapa, procura-se identificar oportunidades de melhorias, tais como: desconexão de processos, fluxo de produção interrompido, excesso de estoque em processo e desperdício de tempo. Com o mapa da cadeia de valor pode-se entender a composição do prazo de entrega total, através de todo processo de produção.

O mapa do fluxo de valor, também conhecido como mapa da cadeia de valor serve para identificar oportunidades na área da qualidade e em outras áreas críticas, principalmente em termos de tempo. A equipe, então elabora um novo mapa da cadeia de valor com uma visão de estado futuro. Neste novo mapa são incorporadas possíveis mudanças de processo, é considerado

o impacto da implementação de células de produção e a redução nos tempos de preparação de máquinas. Através do desmembramento detalhado do fluxo de materiais e de informações, torna-se claro o que a empresa necessita fazer e não o que ela poderia fazer.

Quadro 6 : Avaliação para mudança

AVALIAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE FÁBRICA					
EMPRESA:			DATA:		
FÁBRICA					
OBJETIVO:	TRÊS ÚLTIMOS ANOS			ANO CORRENTE	
QUALIDADE	-----	-----	-----	META	REAL
Produtos acabados aprovados da 1º vez (%)					
Refugo (% das vendas)					
Defeitos / unidade					
Devoluções de clientes (% sobre as vendas)					
Custo de garantia (% das vendas)					
CUSTO					
Vendas (\$) funcionário					
Refugo de fábrica (\$)					
Retrabalho (\$)					
Eficiência de mão-de-obra					
Hora extra (\$)					
ENTREGA					
Entrega pontual (\$)					
Estoque total (dias disponíveis)					
- Matéria-prima					
- Estoque em processo					
- Produtos acabados					
Tempo do pedido até a expedição					
Prazo de entrega					
SEGURANÇA					
Acidentes de trabalho registrados					
Custo médico associado					
FINANÇAS					
Vendas líquidas (%)					
Lucro bruto %					
Lucro operacional (\$)					
Estoque (\$)					
Custo total da mão-de-obra (\$)					
Custo total da mão-de-obra direta (\$)					
Custo total da mão-de-obra indireta (\$)					

Fonte: Shingo, Shigeo (1981)

3.6 - O Mapa do fluxo de valor

O mapa do fluxo de valor é uma ferramenta utilizada pelos praticantes do Sistema Lean de Manufatura para retratar o estado atual e o futuro, ou o “ideal”, no processo de desenvolvimento dos planos de implantação para instalar os sistemas enxutos.

Um fluxo de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para trazer um produto por todos os fluxos essenciais a cada produto: o fluxo de produção desde a matéria-prima até os braços do consumidor, e o fluxo de projeto do produto, da concepção até o lançamento.

O mapeamento do fluxo é uma ferramenta que utiliza papel e lápis e ajuda a enxergar o fluxo de material e de informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor, ou em outras palavras significa dizer, siga a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, desenhando cuidadosamente uma representação gráfica de cada processo no fluxo de material e informação.

O mapeamento do fluxo de valor é uma ferramenta que:

- Ajuda a visualizar mais do que simplesmente os processos individuais, por exemplo, montagem, solda, etc. Nele podemos enxergar o fluxo;
- Ajuda a identificar mais do que os desperdícios. Mapear ajuda a identificar as fontes de desperdício no fluxo de valor;
- Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura;
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, de modo que possamos discuti-las. De outro modo, muitos detalhes e decisões no chão de fábrica só acontecem por omissão;
- Junta conceitos e técnicas enxutas, que ajuda a evitar a implementação de algumas técnicas isoladamente;
- Forma a base de um plano de implementação. Ao ajudá-lo a desenhar como o fluxo total de porta a porta deveria operar - uma parte que falta em muitos esforços enxutos - os mapas de fluxo de valor tornam-se referência para a implementação enxuta. É como tentar construir uma casa sem uma planta;

- Mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material. Nenhuma outra ferramenta faz isto.

O mapeamento do fluxo de valor pode ser uma ferramenta de comunicação, uma ferramenta de planejamento de negócios e uma ferramenta para gerenciar o processo de mudança. Mapear o fluxo de valor é essencialmente uma linguagem, e como qualquer linguagem, a melhor forma de aprender é praticá-lo formalmente primeiro, até saber usá-lo instintivamente.

O mapeamento do fluxo de valor segue as etapas mostradas abaixo.

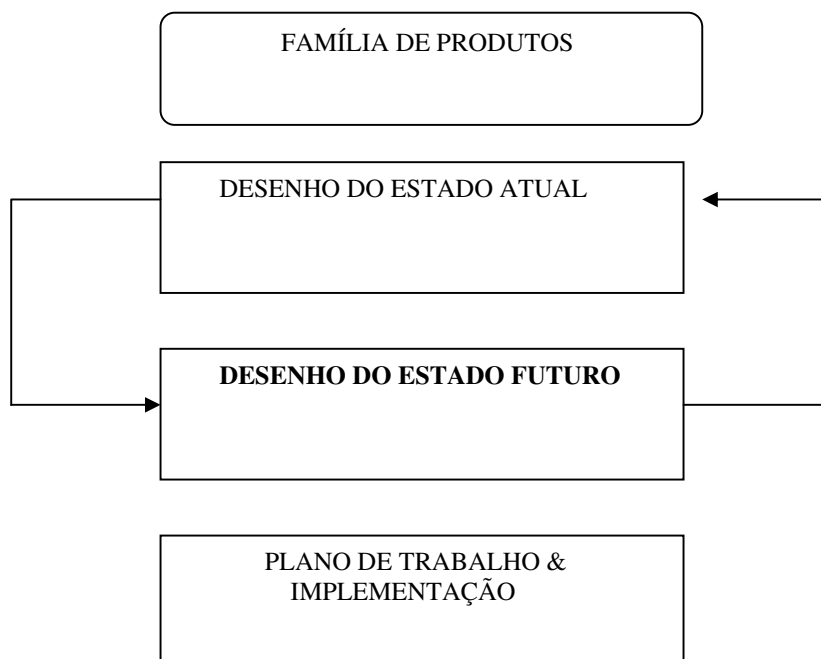


Fig.14 – Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor

Fonte: Lean Institute Brasil (1999)

Pode-se notar que o desenho do estado futuro está destacado porque a meta é projetar e introduzir um fluxo enxuto de valor. Somente a situação, sem a projeção de um estado futuro não é muito útil, o mais importante é a definição do estado futuro.

O primeiro passo é desenhar o estado atual, o que é feito a partir da coleta de informações no chão de fábrica. Isto fornecerá as informações necessárias para desenvolver um estado futuro. Na figura 14, acima, pode-se notar que as setas entre o estado atual e o estado futuro em duplo

sentido, estão indicando que o desenvolvimento do estado atual e futuro são esforços sobrepostos. As idéias sobre o estado futuro virão à tona enquanto se estiver mapeando o estado atual. Do mesmo modo, desenhar o estado futuro mostrará frequentemente informações sobre o estado atual que não tinham sido percebidas.

O passo final é preparar e começar ativamente usando um plano de implantação que descreva, em uma página, como é se planeja chegar ao estado futuro. Então, assim que o estado futuro tornar-se realidade, um novo mapa do estado futuro deverá ser mapeado, o que nada mais é do que melhoria contínua ao nível de fluxo de valor. Sempre haverá um mapa do estado futuro.

3.7 – Controle da variabilidade

Utilizando a metodologia kaizen, a mudança é rapidamente alcançada em toda a cadeia de valor, porém a partir do momento em que a empresa inicia o estado de mudança, o passo seguinte será estabilizar ou sustentar os ganhos focalizando questões que inevitavelmente surgirão. Conforme a transformação evolui, novas variáveis aparecem em máquinas, em informação, no processo e nas habilidades da força de trabalho. Controlar estas variabilidades torna-se fundamental para manter o bom andamento do processo. A utilização de técnicas estatísticas aplicadas ao processo é uma ferramenta muito utilizada na busca da redução destas variabilidades existentes nos processos. Neste sentido os trabalhos de Kaizen embasados em técnicas estatísticas, tais como, controle estatístico de processo, delineamento de experimentos, técnicas de simulações e outras, produzem resultados muito satisfatórios no tocante a redução das variabilidades, contribuindo desta forma para a estabilidade e manutenção dos ganhos alcançados com a implantação do Sistema Lean de Manufatura.

3.8 - Foco nas atividades que não agregam valor ao produto

O que se observa na maioria das empresas é a tendência que se tem por buscar a redução do lead time através da redução dos tempos das atividades que agregam valor ao produto, quando o correto é buscar a redução e até mesmo a eliminação, quando possível, das atividades que não agregam valor ao produto.

Como veremos na figura 15, a seguir, em companhias onde ainda não foram aplicados os conceitos do Sistema Lean de Manufatura, segundo Shingo (1988), apenas 1% de seu Lead Time é utilizado em atividades que agregam valor ao produto, enquanto os outros 99% são utilizados nas atividades que não agregam valor ao produto.

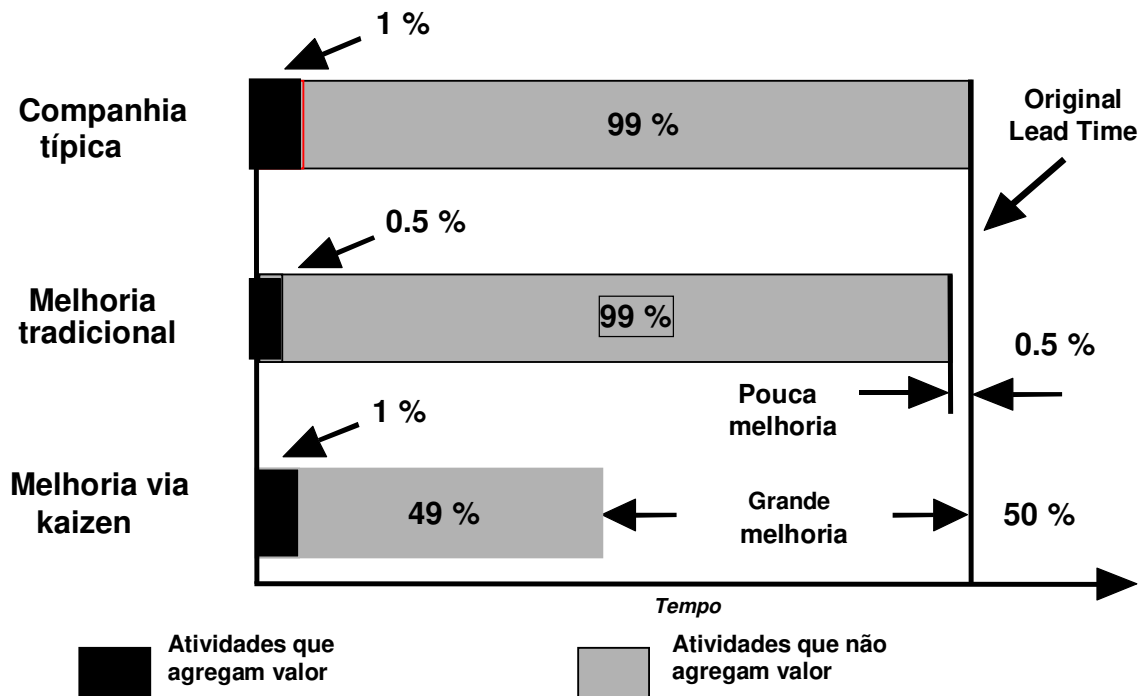


Fig. 15 – Foco nas atividades que não agregam valor ao Produto
Fonte: Shingo (1988)

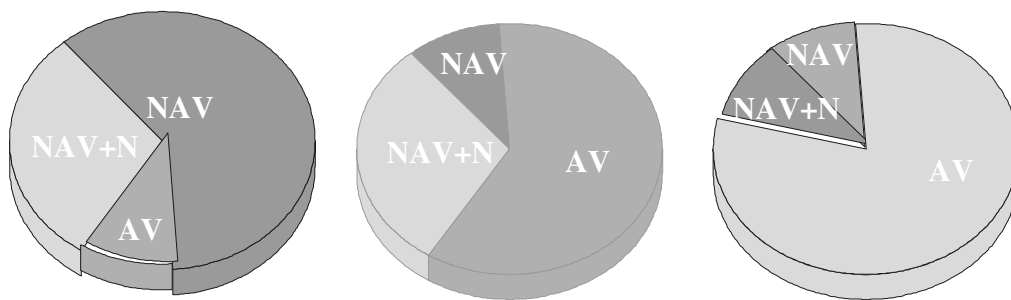
Nestas empresas que ainda não conhecem o conceito do Sistema Lean, as melhorias costumam ser focadas nas atividades que agregam valor, ou seja as que correspondem a apenas 1% do tempo embutido no Lead Time, e após a conquista de alguma melhoria, tais como, automação do processo, compra de um novo centro de usinagem, ou outros investimentos, via de regra conseguem obter a redução de 1% para 0,5% no tempo das atividades que agregam valor,

enquanto os outros 99% atividades que não agregam valor permanecem sem ser focadas e onerando o custo dos produtos.

Os 99% das atividades que não agregam valor , como já visto anteriormente, correspondem às seguintes atividades: superprodução, transporte, processamento, movimentação, estoque, defeitos e espera (Shingo, 1988).

É nestas atividades que todo esforço deve ser focado pois são nelas que se encontram as grandes possibilidades de ganhos e normalmente com o mínimo de investimentos necessários.

Uma outra forma que pode-se utilizar para ilustrar a classificação das atividades é a descrita na figura 16, onde pode-se observar a redução nas atividades que não agregam valor na cadeia produtiva. Na primeira ilustração observa-se um exemplo típico de uma empresa onde não foram utilizados os conceitos do Sistema Lean de manufatura, neste caso observa-se que a maior parte das atividades existentes são aquelas que não agregam valor , e também aquelas que não agregam valor mas são necessárias ao processo, como exemplo, as inspeções. Na segunda ilustração, após um primeiro trabalho de kaizen pode-se observar a redução das atividades que não agregam valor na cadeia produtiva , e na terceira ilustração, após um segundo trabalho de Kaizen, nota-se também a redução nas atividades que não agregam valor na cadeia produtiva, mas são necessárias. Este processo de Melhoria Contínua, isto é, Kaizen, não deve ter fim e o objetivo é buscar ao máximo as reduções nas atividades que não agregam valor e também aquelas que não agregam valor mas são necessárias na cadeia produtiva.



AV Agregam Valor

NAV Não Agregam Valor

NAV + N Não Agregam Valor mas são Necessárias

Fig. 16 – Classificação das atividades
Fonte: Shingo (1988)

3.9 – Gerenciamento da resistência a Mudanças

Toda mudança, de um modo geral costuma gerar insatisfações e inseguranças nas pessoas, pois atividades que sempre foram feitas de forma consideradas as mais produtivas deixam de ser realizadas e passam a serem feitas de outra forma. Muitos paradigmas necessitam ser quebrados e naturalmente isto acaba gerando no grupo alguns focos de resistências que devem ser administrados de tal forma que não venham a colocar o trabalho em descrédito.

Normalmente quando um novo sistema é implantado dentro das empresas observa-se três grupos de pessoas com as seguintes posturas: um grupo é composto por pessoas proativas onde a cooperação é cada vez mais crescente, outro grupo é composto por pessoas denominadas arrasta-âncora, onde encontramos uma forte e crescente resistência e por fim um outro grupo, o maior de todos é composto por pessoas que denominamos de neutras, isto é a massa descomprometida, que fica aguardando de camarote para ver qual grupo será mais forte e em que lado eles deverão tomar a decisão de seguir. Fonte: Shingo (1988)

O que normalmente as empresas tradicionalmente costumam fazer é dar atenção ao grupo de arrasta-âncora, procurando motivá-los, dando oportunidade para que participem de todos os

trabalhos e de todos os treinamentos e outros incentivos possíveis, porém isto na maioria das vezes acaba não trazendo o resultado esperado e até mesmo o resultado acaba sendo o inverso, pois além de não trazer estas pessoas ao comprometimento com o novo sistema, acaba fazendo com que o grupo que estava motivado e proativo acabe se desmotivando pois não estão tendo a atenção merecida da gerência e o grupo da massa descomprometida pode acabar optando por seguir os arrasta-âncora, fortalecendo assim o foco de resistência.

É aconselhável neste caso que a gerência e diretoria tenham como opção investir e dar toda atenção ao grupo proativo e comprometido com o sistema, pois assim acontecendo as pessoas que fazem parte do grupo da massa descomprometida que fica aguardando qual lado será o mais forte, acabará tomando partido do grupo proativo aumentando a cooperação para com o novo sistema. Isto ocorrendo, os poucos que ainda fazem parte do foco de resistência ou acabarão optando pela colaboração, ou acabarão sendo excluídos da companhia.

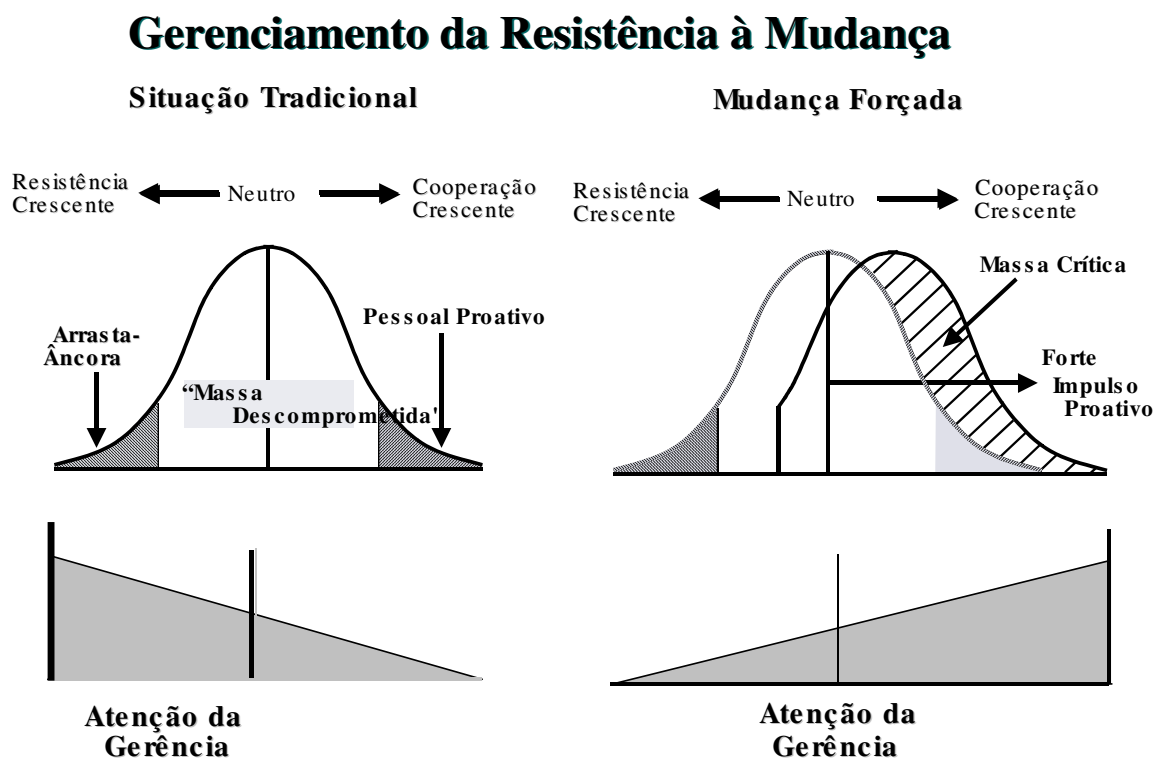


Fig. 17 – Gerenciamento da resistência à mudança

Fonte: Shingo (1988)

3.10. – Implantação do 5S

O 5S é um método utilizado para criar e manter um local de trabalho organizado, limpo e de alto desempenho e é um pré-requisito para o Kaizen

O programa 5S costuma ser dividido em 5 passos:

- Passo 1: Seiri – Segregar e descartar,
- Passo 2: Seiton: - Ordenar e identificar,
- Passo 3: Seiso: Limpar diariamente,
- Passo 4: Seiketsu – Revisar sempre,
- Passo 5: Shitsuke – Motivar para manter

3.11 – Equipe de Melhoria Contínua

Como já visto no capítulo 2, o Kaizen é a melhoria incremental e contínua de uma atividade focada na eliminação de tudo aquilo que não agrega valor ao produto.

Capacitar uma equipe para alavancar e conduzir os trabalhos de Kaizen é uma prática que tem sido adotada por algumas empresas e que tem apresentado bons resultados.

Os integrantes de uma equipe de Melhoria Contínua devem possuir as seguintes habilidades para que possam conduzir com sucesso os trabalhos de Kaizen

- Habilidades básicas de comunicação,
- Conhecer profundamente os princípios do Sistema Lean de Manufatura. Para isto se faz necessário constantes reciclagens no assunto.
- Facilidade em interagir com o grupo,
- Estar constantemente motivado e receptivo para novos desafios.

3.12 – Desempenho da Manutenção

Para que seja possível atender o tempo takt e o fluxo de uma peça, é imprescindível que todos os equipamentos, máquinas e dispositivos estejam trabalhando de forma eficazes sem que ocorram paradas inesperadas, pois qualquer parada inesperada certamente irá comprometer de forma negativa o atendimento do tempo takt, fluxo de uma peça e por consequência a qualidade do produto. Para que isto não ocorra é necessário possuir um departamento de manutenção bem estruturado e equipado onde a equipe técnica seja competente para resolver rapidamente os problemas de manutenções corretivas e onde existam os programas de manutenção preventiva e de manutenção produtiva total (TPM), sendo que a interação com os operadores deve ser a melhor possível, através de treinamentos teóricos e práticos, conscientização e comprometimento.

O acompanhamento dos índices de MTBF, tempo médio entre falhas (mean time between failure) e o MTTR, tempo médio para reparo (mean time to repair) são fundamentais para que seja possível acompanhar a evolução do trabalho do departamento de manutenção e tomar as ações caso necessário. Tanto o MTBF, como o MTTR são mensurados através de apontamento que é realizado em cada equipamento da empresa utilizado no processo produtivo, onde a tabulação é feita através das informações contidas nas ordens de serviços do setor de manutenção que são emitidas todas as vezes que ocorre uma intervenção em algum equipamento devido a quebras, ocasionando a interrupção da produção. Normalmente o MTBF e o MTTR são mensurados em horas ou em dias.

3.13 – Demissão de funcionários

Antes de iniciar os trabalhos visando a manufatura enxuta tendo como base os trabalhos de kaizens é fundamental que a empresa realize um diagnóstico e verifique se com os ganhos que ela estima ter irá haver a ociosidade de mão-de-obra, o que é natural que ocorra. Caso seja diagnosticado que haverá a ociosidade e a empresa não tenha onde alocar estes funcionários e pretenda demiti-los, isto deverá ocorrer antes do início dos trabalhos, pois após o início não deverão ocorrer demissões em função dos ganhos de produtividade alcançados. Caso a empresa opte por demissões após o início dos trabalhos, corre um grande risco de ter o processo fracassado

pois não terá o apoio da mão-de-obra, uma vez que saberão que seus postos de trabalhos correm o risco de extinguir-se em função dos trabalhos que estão sendo realizados. É importante lembrar que a mão-de-obra direta é parte fundamental para o sucesso do processo de transformação da empresa em uma empresa Lean.

A ociosidade da mão-de-obra, que é normal ocorrer com o processo, deve ser utilizada com a conquista de novos mercados que deverão se abrir com o aumento da competitividade da empresa ou com a introdução de novos produtos.

3.14– Conclusão

Neste capítulo foram apresentados os pontos fundamentais da preparação para implantação do Sistema Lean de Manufatura, a interação dos componentes de mudança, o papel do mapeamento do fluxo de valor e o gerenciamento da resistência as mudanças. Nos próximos capítulos serão descrito como foi o processo de implantação do sistema lean de manufatura na empresa em estudo.

Capítulo 4

O processo de implantação do Sistema Lean de Manufatura

4.1 – Apresentação da empresa

A empresa, foco do estudo neste trabalho é a MANN + HUMMEL Brasil Ltda, a qual faz parte do grupo MANN + HUMMEL fundado na Alemanha em 1941. O grupo MANN + HUMMEL desenvolve, produz e comercializa componentes automotivos complexos tecnicamente, tais como sistemas de filtragem do ar, sistemas de coletores de admissão e galerias de combustível, sistemas de filtragem de líquidos, filtros de cabine para a indústria automotiva e elementos filtrantes para serviços de manutenção e reparação de veículos.

O grupo MANN + HUMMEL iniciou suas atividades no Brasil em 1954 através de uma empresa licenciada, NAUMANN GEPP, em São Paulo, a qual foi adquirida em 1965. A subsidiária Brasileira ficou conhecida como FILTROS MANN Ltda. A empresa está atualmente localizada na cidade de Indaiatuba a 100 Km de São Paulo em uma área de 120.440 m², onde 45.000 m² são de área construída. São produzidas anualmente 25.000.000 de peças, entre sistemas completos, elementos filtrantes, coletores de admissão e galerias de combustível. A MANN + HUMMEL Brasil Ltda fornece para as montadoras (OE = equipamento original) e para o mercado de reposição, possuindo uma cobertura de 95% da frota Brasileira.

4.2– Motivação para mudança

Desde o início de suas atividades no Brasil, a MANN + HUMMEL sempre teve seu processo produtivo baseado no arranjo físico funcional ou por processo. Por algumas décadas este modelo de produção atendeu as necessidades da empresa e fez com que ela tivesse um expressivo crescimento, porém com uma nova realidade que surge com a globalização da economia, os clientes passam a ter novas opções, sejam elas locais ou mesmo mundiais, e tornam-se mais exigentes. Somado a isto observa-se também a entrada no país de outras empresas concorrentes no mesmo nicho de mercado.

O modelo de produção que até então atendia as necessidades da empresa começa a apresentar deficiências. Os altos custos dos estoques, sejam eles de matéria-prima, produto em processamento ou produto acabado, começam a se tornar cada vez mais onerosos. Por outro lado, os lead-times para entrega de produtos, principalmente para o mercado das montadoras de veículos, começam a se tornarem cada vez menores e as alterações nos volumes de programas diários de entrega começam a ser constantes. As pressões por reduções de custos começam a chegar por parte de quase todas as montadoras de veículos e a concorrência no mercado de reposição fica cada vez mais acirrada. No aspecto qualidade, quando até a alguns anos os acordos com as montadoras eram feitos com base no nível de qualidade aceitável (NQA) de até 2%, a nova realidade dos acordos passa a ser em termos de peças por milhão (PPM), onde a maioria das montadoras firmava os acordos em torno de 100 a 200 PPMs, o que em outras palavras pode ser traduzido por Zero Defeito.

Montadoras que costumavam desenvolver e lançar novos veículos a cada dois anos, começam a reduzir o tempo de desenvolvimento e lançamento de novos veículos chegando a lançar vários modelos no mesmo ano. Isto obrigou a que as engenharias de desenvolvimento e manufatura de seus fornecedores (auto-peças) tivessem a mesma agilidade para o desenvolvimento e início de produção dos novos componentes que seriam montados nos novos veículos.

Diante desta realidade e visando manter e até mesmo ampliar sua liderança no segmento de mercado onde atua a MANN + HUMMEL Brasil Ltda iniciou em meados do ano 2000 uma

transformação no modo de gerenciar a cadeia produtiva, implantando o Sistema Lean de Manufatura com o propósito de reduzir ao máximo as perdas existentes em seus processos, eliminando as operações que não agregam valor ao produto, minimizando ao máximo os custos desnecessários, os atrasos nas entregas, problemas de qualidade e atendimento aos prazos para novos desenvolvimentos.

4.3– Divulgação e busca pelo comprometimento

Para o início da implantação do Sistema Lean de Manufatura, a empresa adotou a total transparência com seus funcionários, a ponto de dividí-los em pequenos grupos e apresentar os objetivos de sair do sistema tradicional de manufatura para o sistema Lean.

Um programa denominado pela empresa de “K Zero”, isto é Kaizen Zero, ou seja o primeiro contato dos trabalhadores com a metodologia kaizen , foi aplicado a todo seu quadro de funcionários, onde buscou-se apresentar de forma bem transparente onde a empresa estava situada naquele momento perante o mercado, as dificuldades, os riscos, a concorrência e o caminho que estaria sendo seguido para que a empresa pudesse sobreviver e principalmente vir a crescer em um mercado cada vez mais globalizado.

Neste programa “K Zero” também buscou-se trabalhar o lado emocional e psicológico das pessoas, difundindo conceitos importantes como a auto-estima, a afetividade e o comprometimento. Este programa “K Zero” foi fundamental para que o quadro de funcionários tivesse o entendimento do que se buscava com a migração do sistema tradicional de manufatura até então utilizado para o sistema Lean de Manufatura e houvesse o comprometimento, pelo menos da grande maioria, nos trabalhos de kaizen que levaram a empresa ao novo sistema de gerir a produção.

4.4 – Formação de uma equipe de Melhoria Contínua

Foi formada uma equipe de Melhoria Contínua, selecionando dentro do próprio quadro de funcionários as pessoas com melhores perfis (conforme descrito no capítulo 3) para esta função.

Coube a equipe de Melhoria Contínua, composta por 5 pessoas, coordenar todas as atividades de Kaizen, convocação das equipes, treinamentos, acompanhamento dos resultados, sendo esta equipe diretamente subordinada a Diretoria Industrial.

4.5 – Início da implantação do Sistema Lean de Manufatura.

Tendo como base o Sistema Toyota de Produção, a ferramenta utilizada para a transformação da empresa em uma empresa Lean foram os trabalhos de Kaizen.

A sistemática utilizada para definir os trabalhos de Kaizen na empresa foi através da formação de grupos de trabalho onde semanalmente são programados eventos em diferentes áreas produtivas com o propósito de se obter ganhos, sejam eles produtividade, qualidade, redução de estoque, redução de set-up ou outros ganhos que venham a alavancar os resultados da empresa. Esta atividade foi denominada de Semana Kaizen.

Através de um planejamento estratégico, com a participação da diretoria e das gerências, juntamente com os especialistas em kaizen é que foi definido a área onde o trabalho teve seu início, isto é, foi definido uma área piloto dentro da empresa, e a partir dos resultados alcançados o trabalho foi multiplicado para outras áreas até que toda cadeia produtiva tivesse seus processos “Kaizenados” conforme preceitos do Sistema Lean de Manufatura.

A semana Kaizen possui uma programação padrão para os 05 dias da semana e devem ser criteriosamente seguidos para que o resultado final seja atingido conforme objetivo previamente estabelecido.

O primeiro dia de trabalho é reservado para o treinamento e nivelamento de informações teóricas entre todos os elementos da equipe responsáveis pela condução do trabalho durante a semana Kaizen.

Os tópicos apresentados são: Estratégia baseada no tempo, com exercícios práticos de como calcular o tempo takt, o Sistema Global de Produção, onde são apresentadas as 07 principais

perdas presentes no processo produtivo, as vantagens da produção puxada em relação a produção empurrada e o conceito de fluxo de 01 peça, além do conceito de Kaizen, isto é, melhoria contínua, operações Standard e ferramentas de operações Standard .

No segundo dia começa o trabalho prático com a análise do processo atual no local escolhido, onde é mapeado o fluxo atual de operações e processos, o tempo gasto nas operações e os movimentos realizados. Também é apresentado o conceito de 5S, isto é, os conceitos de segurança, organização e limpeza que são indispensáveis para os trabalhos de Kaizen.

Com base na análise do processo atual a equipe busca a formulação de melhorias utilizando ferramentas como diagrama de Ishikawa, Brainstorming e outras ferramentas visando identificar as atividades que não agregam valor e eliminá-las.

De posse das sugestões levantadas pelo grupo inicia-se a implantação das melhorias.

No terceiro dia ocorre a continuação das implantações de melhorias onde são realizadas as simulações, conforme sugestões do grupo, medições dos tempos, análise do fluxo com o objetivo de fluxo de 01 peça e realização de outras melhorias adicionais.

No quarto dia ocorre o refinamento das melhorias, definição das operações Standard onde a célula já deve estar operando conforme melhorias realizadas e também é preparado a documentação das operações Standard.

No quinto dia ocorre a apresentação do trabalho realizado pelo grupo com a presença da diretoria da empresa, gerência e outros convidados. Após a apresentação ocorre a visita a área onde ocorreu o trabalho de kaizen.

4.6 – Processo de atendimento a demanda

A partir da necessidade dos clientes, com a colocação dos pedidos, o Sistema Lean de Manufatura começa a tomar vida fazendo com que toda a cadeia de suprimentos comece a interagir suprimindo a empresa com os insumos necessários para mover a cadeia produtiva.

Para que a cadeia produtiva possa operar de forma eficaz atendendo as expectativas dos clientes, a empresa definiu o seguinte fluxo para o processo de atendimento a demanda, conforme descrito na figura 18. A rede de fornecedores, parte fundamental na cadeia de agregação de valores deve estar comprometida e capaz de suprir com os insumos necessários conforme as mais variadas necessidades dos clientes. Para que não ocorram rupturas no aprovisionamento dos insumos é de fundamental importância o desenvolvimento de bons fornecedores através de parcerias e também oferecendo o suporte necessário para que a rede de suprimentos mantenha uma boa performance de atendimento com índices de qualidade que não venham a comprometer de forma negativa a performance do processo de atendimento a demanda. Com a colocação dos pedidos, normalmente com visão mensal, os recursos internos devem ser dimensionados e ajustados conforme as necessidades. Após dimensionamento dos recursos internos, as necessidades diárias dos clientes começam a ser supridas, contando sempre com os suportes dos demais sistemas, tais como, sistema de produção, sistema da qualidade, sistema de manutenção, sistema de segurança e quando necessário, também com a colaboração de outros sistemas. Para que todo este fluxo possa interagir de forma eficaz é que a Jornada Lean de Manufatura, cuja ferramenta principal utilizada é a metodologia Kaizen, ocupa sua posição de destaque buscando a redução de todas as operações que não agregam valor na cadeia produtiva, visando a redução do lead time, a obtenção de custos reduzidos e produtos com a mais alta qualidade.



Fig.18 – Processo de atendimento a Demanda
Fonte: Empresa Mann+Hummel Brasil Ltda

4.7 – Trabalhos de Kaizen nos fornecedores

Para que a implantação do Sistema Lean de Manufatura tivesse êxito, além de todo trabalho realizado internamente, verificou-se também a necessidade do comprometimento do quadro de fornecedores, uma vez que este elo na cadeia produtiva era parte fundamental para que o novo sistema que estava sendo implantado atingisse os resultados esperados. Foram feitos levantamentos visando identificar os fornecedores com maiores volumes e variedades de itens fornecidos, junto a este levantamento a questão qualidade e acuracidade nas entregas também foi analisada. Após este levantamento verificou-se que determinados fornecedores não teriam dificuldades em se enquadrar a esta nova realidade que o novo sistema exigiria, isto é, entregas com lotes cada vez menores, qualidade assegura, ou seja, fornecimento de itens isentos de problemas de qualidade e pontualidade com os programas de entrega. O que pode-se observar é que determinados fornecedores já possuíam um Sistema Lean de Manufatura bem consolidado e que pode até servir como benchmark . Por outro lado verificou-se a existência de fornecedores que teriam dificuldades em se enquadrar às exigências que o novo sistema exigiria, pois em alguns casos a questão com problemas de qualidade era quase que freqüente nos lotes de entrega e a pontualidade nestas entregas muitas vezes era comprometida de forma negativa. Neste caso como as entregas eram realizadas em grandes lotes, acaba-se absorvendo estas ineficiências, porém com a necessidade da entrega de produtos com qualidade e em lotes cada vez menores houve a necessidade de auxiliar estes fornecedores para que se enquadrassem a nova realidade.

Um programa para realização de trabalhos de Kaizen na planta dos fornecedores considerados críticos foi realizado, cujo objetivo principal era fazer com que as áreas que produzissem os componentes para atender nossa necessidade tivessem seus processos melhorados reduzindo ao máximo as atividades que não agregassem valor na cadeia produtiva obtendo peças com qualidade e em lotes cada vez menores. Muitos fornecedores se mostraram pró-ativos e dispostos a realizar os trabalhos em parceria, e nestes fornecedores os resultados foram satisfatórios, porém alguns fornecedores não tiveram a mesma postura e em alguns casos a troca de fonte de fornecimento acabou sendo necessária para que não houvesse o comprometimento de forma negativa da implantação do novo sistema. Este trabalho de parceria junto aos fornecedores

para realização de trabalhos de Kaizen passou a fazer parte da cultura da empresa e com grande frequência são realizados junto aos fornecedores.

4.8 – Formação de uma equipe 5S

Foi formado uma quipe para implantar os conceitos de 5S dentro da empresa. Os conceitos de 5S foram difundidos e hoje fazem parte da cultura da empresa, afinal o 5S é um pré-requisito para o Kaizen.

O 5S ajudou a promover as práticas de segurança, melhoria de produtividade, maior flexibilidade, isto é, prazos de entrega menor, fluxo de 1 peça e set-up rápido, confiabilidade de equipes TPM, força de trabalho motivada e produtos com qualidade.

4.9 – Auditorias

Foi implantado na empresa uma sistemática para realização de auditorias nas áreas onde ocorreram os trabalhos de Kaizen para que se tenha a certeza de que aquilo que foi determinado pela equipe que conduziu o trabalho de Kaizen está sendo seguido e os resultados alcançados estão sendo mantidos.

4.10 – Definição da área piloto para início dos trabalhos

Para a escolha da área piloto onde os trabalhos tiveram início, foi levado em consideração a questão estratégica de mercado, onde verificou-se que para aquela determinada família de produtos, ocorrendo a redução nos custos industriais através da eliminação de atividades que não agregassem valor na cadeia produtiva, estes produtos se tornariam bastante competitivos e uma fatia maior de mercado, principalmente no segmento de reposição, seria alcançada. Isto foi o que na prática ocorreu. Na figura 19 podemos observar a representação do lay out da área piloto antes do início dos trabalhos de kaizen.

(Linhas de produção, lotes de peças, baixa flexibilidade, altos inventários, produção empurrada)

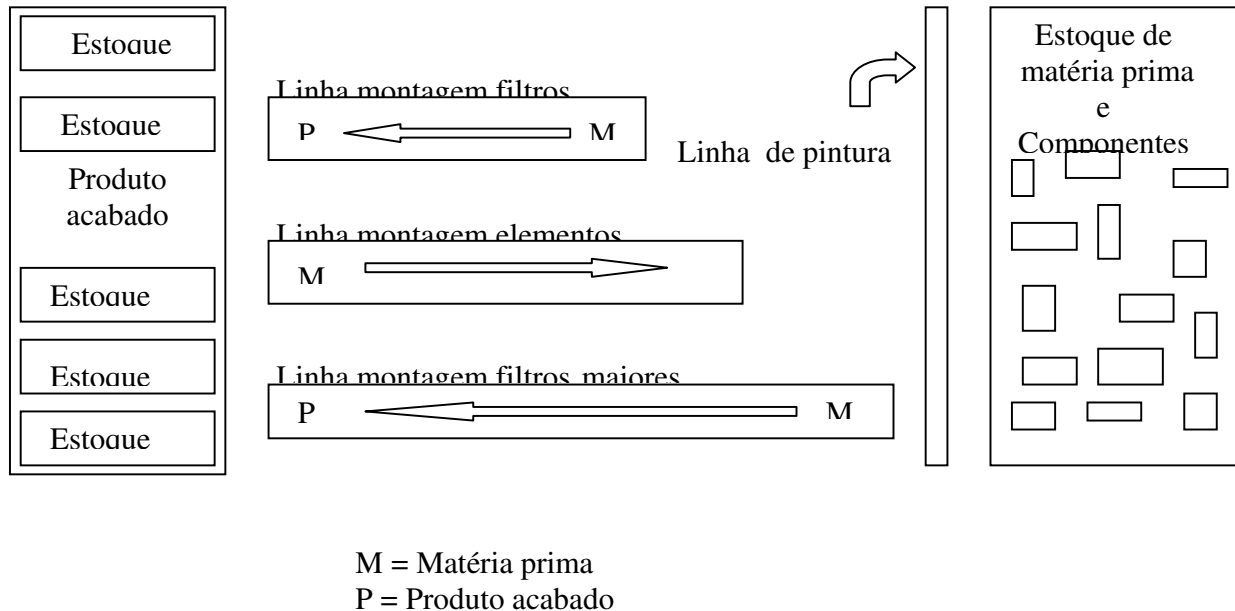


Fig. 19 – Lay out da area piloto antes dos trabalhos de kaizen

Pode-se observar pelo lay out, a existência de três linhas de produção, as quais eram compostas de esteiras para transporte das peças durante o processo produtivo, sendo que cada posto de trabalho ao longo da linha de produção produzia o máximo de peças possíveis e depositava sobre a esteira da linha de produção. A existência de grandes estoques intermediários era observada em cada posto de trabalho, os estoques de componentes e de produtos acabados eram altos e o fluxo de produção era empurrado.

Com a implantação do Sistema Lean de Manufatura, através dos trabalhos de Kaizen, o lay out da área piloto foi bastante modificado, como pode-se observar na figura 20. Onde anteriormente havia três linhas de produção e as peças se moviam por meio de esteiras, passou-se a ter sete células de produção onde cada célula passou a ser dedicada a produzir um grupo determinado de produtos (W7, W9, W11), o fluxo de produção deixou de ser empurrado para ser puxado e a operação de montagem somente é realizada quando o posto de trabalho seguinte solicita a peça, desta forma tornou-se possível trabalhar com fluxo de uma peça. Com a eliminação das três linhas anteriormente existentes e a implantação de sete células de produção

houve um grande ganho em termos de flexibilidade no atendimento a demanda devido a possibilidade de produção de lotes menores de peças. Com relação a investimentos necessários para implantação das células de manufatura, o custo foi praticamente zero, uma vez que estes equipamentos já eram existentes, e os custos envolvidos foram somente para o processo de mudança do lay-out.

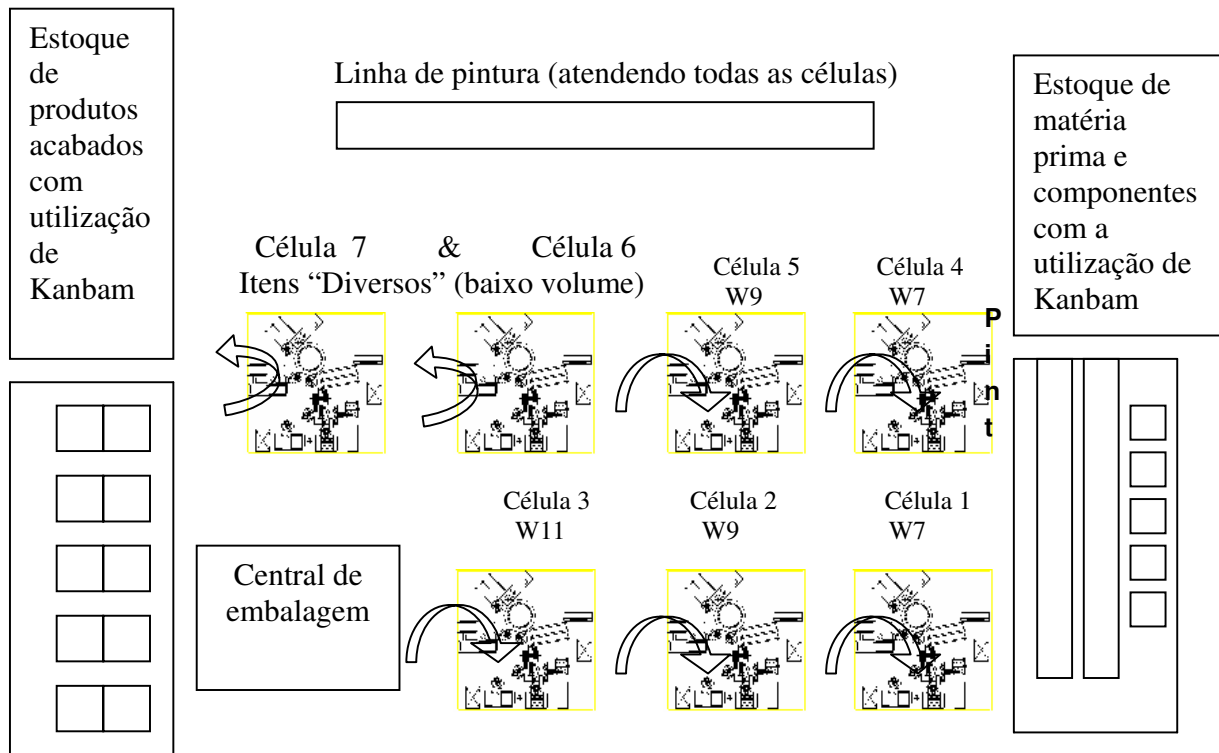


Fig.20 – Lay out da area piloto após os trabalhos de Kaizen

4.11– Exemplos de trabalhos de Kaizen realizados

A título ilustrativo, serão apresentados dois resumos de trabalhos de kaizen realizados. O primeiro trabalho a ser apresentado foi realizado em uma célula de manufatura que produz um modelo de tampa de cobertura para o comando de válvulas, enquanto que o segundo resumo de trabalho a ser apresentado foi realizado em uma célula de manufatura onde ocorre a mistura de lã (lã de carneiro ou sintética) que posteriormente é utilizada na montagem de um tipo de elemento filtrante cujo meio filtrante é a lã.

4.11.1 – Kaizen na célula de manufatura da tampa de cobertura

O objetivo deste trabalho foi buscar um aumento de produtividade de 20%, sendo que a produtividade neste caso foi medida em unidades de peças produzidas por dia por operador.

Na figura 21, encontra-se a relação das pessoas que participaram do evento, conforme convocação realizada pela equipe de Melhoria Contínua e validada pelo gerente responsável pela área a ser realizado o trabalho de Kaizen.

Kaizen Produtividade célula Can Cover	
14 a 18/07/03	
OBJETIVO: AUMENTO DE 20% DE PRODUTIVIDADE	
Participantes:	
	José Cosmo Sobrinho (Líder do trabalho)
	Edmilson Kazama
	Solange Campos dos Santos
	Luzia Lima Angelino
	João de Lima César
	Márcio Luis da Silva
	Antonio Arruda
	Mário Alberico Filho
	Agnaldo do N. Bolignani
	Elias Rodrigues da Rocha
Gerente responsável:	Maurício A Soster

Fig 21 – Formação da equipe para o trabalho de kaizen

Na figura 22 encontra-se o cálculo do tempo takt, que conforme já visto anteriormente é o tempo necessário para se produzir uma peça, atendendo as necessidades do cliente e evitando a formação de estoques. Para o cálculo do tempo takt primeiro calcula-se o tempo disponível bruto no mês que é transformado em segundos. Em seguida calculam-se todos os tempos que devem ser descontados durante o mês com as refeições e limpeza do setor, e estes também são transformamos em segundos. O próximo passo é subtrair do tempo disponível bruto todos os tempos que devem ser descontados com as refeições e limpeza, obtendo-se desta forma o tempo disponível líquido. De posse do tempo disponível líquido, dividi-se o mesmo pela necessidade mensal do cliente, que é obtido da carteira de pedidos enviada pelo cliente, e então obtém-se o tempo takt, que no exemplo real citado corresponde a 86,00 segundos. A cada 86,00 segundos deve-se produzir uma peça para desta forma atendermos a necessidade do cliente.

CÁLCULO DO TEMPO TAKT (T.T.)

3 TURNOS

REFERÊNCIA MÊS: Ago/03

NECESSIDADE DO CLIENTE: 22.000

TEMPO DISPONÍVEL BRUTO

2ª FEIRA =	4	x 24hs =	96	x 60' x 60" =	345.600
3ª FEIRA =	4	x 24hs =	96	x 60' x 60" =	345.600
4ª FEIRA =	4	x 24hs =	96	x 60' x 60" =	345.600
5ª FEIRA =	4	x 24hs =	96	x 60' x 60" =	345.600
6ª FEIRA =	5	x 24hs =	120	x 60' x 60" =	432.000
SÁBADO =	5	x 8hs =	40	x 60' x 60" =	144.000
TOTAL =					1.958.400 segundos

DESCONTOS

2ª FEIRA =	4	x (40' ALMOÇO / 10' LIMPEZA) =	50'	x 60" =	12.000
3ª FEIRA =	4	x (40' ALMOÇO / 10' LIMPEZA) =	50'	x 60" =	12.000
4ª FEIRA =	4	x (40' ALMOÇO / 10' LIMPEZA) =	50'	x 60" =	12.000
5ª FEIRA =	4	x (40' ALMOÇO / 10' LIMPEZA) =	50'	x 60" =	12.000
6ª FEIRA =	5	x (40' ALMOÇO / 10' LIMPEZA) =	50'	x 60" =	15.000
SÁBADO =	5	x (40' ALMOÇO / 10' LIMPEZA) =	50'	x 60" =	3000
TOTAL =					66.000 segundos

TEMPO DISP. LÍQUIDO = TEMPO DISP. BRUTO - DESCONTOS

BRUTO 1.958.400 segundo - **DESCONTO** 66.000 segundos = 1.892.400

T.T. = $\frac{\text{TEMPO DISPONÍVEL LÍQUIDO}}{\text{NECESSIDADE DO CLIENTE}} = \frac{1.892.400}{22.000}$

T.T. = 86,0

Os números 4 e 5 correspondem ao número de dias existentes no mês. Por exemplo, tem-se 4 segundas-feiras, 4 terças-feiras, 4 quartas-feiras, 4 quintas-feiras, 5 sextas-feiras e 5 sábados.

Esta quantidade de dias multiplicada pelo número de horas disponíveis bruto no dia para trabalho nos ajudarão a calcular o tempo disponível bruto.

O mesmo raciocínio é válido para o cálculo da quantidade de horas a serem descontadas.

Figura 22 – Cálculo do tempo takt

Na figura 23 encontra-se o gráfico do tempo takt x tempo de ciclo, antes da realização do kaizen, que conforme também já visto anteriormente nos indica o número de operadores necessários na célula. Como podemos observar para se produzir o produto, antes da realização do kaizen, eram necessárias três operações, com ciclos de 79, 92 e 74 segundos, respectivamente para cada operador.

A soma dos ciclos das três operações nos dá o valor de 245 segundos, que dividido pelo tempo takt de 86 segundos, nos indica a necessidade de 3 operadores para célula.

Tempo Takt X Tempo de ciclo (ANTES DO TRABALHO DE KAIZEN)

Quantidade de operadores necessários: $TCO / \text{Tempo Takt}$

Quantidade de operadores necessários: $245 / 86 = 2,85 = (3 \text{ operadores })$

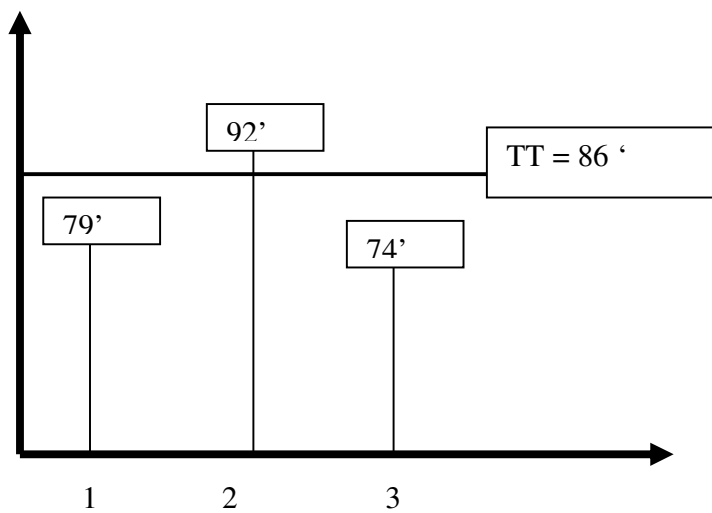


Figura 23 – Tempo takt x Tempo de ciclo (antes do Kaizen)

A figura 24 nos apresenta as operações realizadas por cada um dos três operadores antes da realização do kaizen. Para cada operador tem-se a sequência com as atividades necessárias a serem executadas para que o produto esteja completo. São nestas atividades que a equipe que conduziu o trabalho de Kaizen focou as energias visando promover as melhorias e buscando eliminar ao máximo as atividades que não agregavam valor ao produto

OPERAÇÕES EFETUADAS ANTES DO TRABALHO DE KAIZEN		
Atividades		
1° Operador		
. Retirar a peça do robô, quebrar canal, rebarbar buchas roscadas . Colocar peça no conformador . Colocar bucha na máscara . Colocar 04 buchas no dispositivo para liberar robô . Acionar comando bi-manual . Colocar a tampa . Colocar os grommets . Colocar pinta amarela no tubo		
2° Operador	3° Operador	
. Pegar peça na esteira, rebarbar saída de gás . Lixar o tubo . Colocar pinta amarela . Pegar um defletor, tampa, posicionar defletor . Retirar peça soldada . Posicionar a tampa . Acionar o comando bi-manual . Colocar peça sobre a bancada	. Retirar a peça na bancada, pegar a junta . Retirar a peça anterior . Colocar a peça na bancada . Posicionar a peça a ser testada . Acionar comando bi-manual . Colocar pintas de controle . Colocar a peça na caixa . A cada 40 peças trocar a caixa . A cada 40 peças colocar divisórias	

Fig 24 – Operações realizadas antes do kaizen

A figura 25 nos mostra o cálculo do tempo takt x tempo de ciclo após a realização do trabalho de kaizen, onde observa-se a necessidade de somente 2 operadores devido a eliminação das atividades que não agregavam valor na cadeia de agregação de valor do produto.

Pela figura 25 pode-se observar que os tempos de ciclos para os dois operadores foram para 72 e 83 segundos respectivamente. O objetivo é sempre procurar fazer com que os operadores tenham seus tempos de ciclos balanceados o mais próximo possível para evitar que um operador possa ter uma carga de trabalho maior que o outro, porém na prática isto muitas vezes não é possível de se alcançar devido a restrições que possam existir tanto em processo quanto em máquinas. No caso real ilustrado verificamos que o operador 1 terá um tempo ocioso de 11 segundos (83 – 72 segundos) em relação ao operador 2. Quando isto ocorre pode-se utilizar a prática de revezamento de atividades durante o período de expediente para evitar que um operador tenha uma fadiga maior que o outro. Para que isto ocorra o princípio da multifuncionalidade deve ser aplicado e os operadores devem ser treinados em todas as partes do processo.

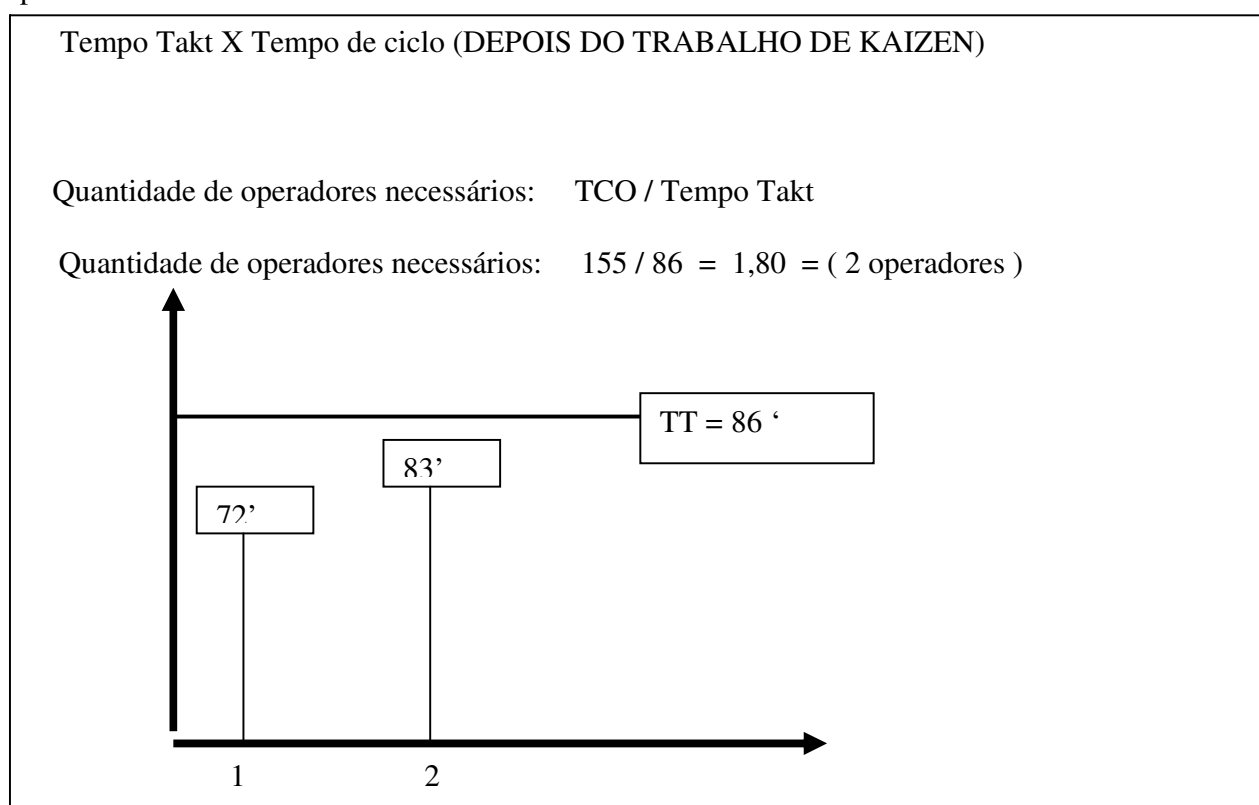


Fig. 25 – Tempo takt x tempo de ciclo (após Kaizen)

Na figura 26 pode-se observar as atividades que cada um dos dois operadores irá desenvolver após a realização do trabalho de kaizen. Observa-se que após a realização do trabalho de Kaizen

houve uma redução nas atividades a serem executadas o que possibilitou que dois operadores realizassem todo o processo ao invés de três operadores.

OPERAÇÕES EFETUADAS DEPOIS DO TRABALHO DE KAIZEN	
Atividades	
1° Operador	
. Retirar peça do manipulador . Quebrar canal . Rebarbar saída de gás . Retirar rebarbas das buchas . Colocar a peça no conformador . Colocar as 14 buchas no manipulador . Liberar manipulador acionando os 02 botões	
2° Operador	
. Pegar peça na esteira, rebarbar saída de gás . Lixar o tubo . Fazer pinta amarela . Pegar um defletor, tampa e posicionar defletor . Retirar peça soldada . Posicionar a tampa . Acionar comando bi-manual . Colocar peça sobre a bancada	. Pegar a peça e junta na bancada . Retirar a peça anterior . Colocar a peça na bancada . Acionar comando bi-manual . Fazer as pintas de controle . Colocar a peça na caixa . A cada 40 peças, trocar caixa . A cada 40 peças colocar divisórias

Fig.26 – Operações realizadas depois do kaizen

Na figura 27 encontra-se um resumo com os resultados obtidos em decorrência do trabalho, onde pode-se observar que a meta de ganho de 20% de produtividade acabou sendo superada e o resultado final alcançado foi de 50%. Também pode-se observar o ganho de 3 operadores, isto é, um operador por turno, considerando que esta célula trabalha em 3 turnos, houve a redução de um operador por turno.

MEDIDA DE MELHORIA	ANTES DO KAIZEN	OBJETIVO KAIZEN	REALIZAÇÃO ATUAL	% MELHORIA
Operadores / dia (todos os turnos)	09		06	33%
Total do TCO	245		155	36,73%
Produtividade (unid./dia / operador)	276	Aumento de 20%	414	50%

Figura 27 – Resultados alcançados

4.11.2 – Kaizen na célula de processamento (mistura) de lã

O objetivo deste trabalho de kaizen foi buscar um ganho de produtividade de 25%, sendo que a produtividade neste caso foi medida em quilogramas de lã processada por operador.

A agenda com as atividades que foram realizadas durante a semana kaizen é detalhada abaixo na figura 28 e contempla todas as atividades relacionadas aos cinco dias do evento kaizen. Este guia costuma ser utilizado para outros eventos de trabalhos kaizen.

Segunda – feira

Treinamento na metodologia

- . Estratégia baseada no tempo (EBT)
- . Sistema Toyota de Produção (STP)
- . Metodologia Kaizen
- . Operações Standard

Terça – feira

Cálculo do tempo takt (TT)

- . Mapeamento do fluxo de materiais e lay-out
- . Identificação da sequência do trabalho
- . Medição dos TCOs (tempo de ciclo do operador)
- . Levantamento de perdas e atividades que não agregam valor
- . Plotar o gráfico TT x TCO
- . Classificação das idéias de melhorias
- . Elaboração do plano de ação

Quarta-feira

Implantação do plano de ação

- . Elaboração do novo lay-out
- . Estabelecimento da sequência de trabalho do operador
- . Determinação do estoque standard em processo
- . Implementação do lay-out elaborado
- . Testar o novo lay-out

Quinta-feira

Consolidação do novo lay-out

- . Documentação do novo processo (operações standard)
- . Elaboração da documentação para a apresentação
- . Visita da diretoria / gerencia a área do Kaizen

Sexta-feira

Treinamento para a apresentação

- . Apresentação dos resultados do trabalho de Kaizen
- . Comemoração

Fig. 28 – Atividades da Semana Kaizen

Na figura 29 encontra-se o cálculo do tempo takt (TT). Inicialmente calcula-se o tempo disponível bruto, neste caso considerando somente um turno normal de trabalho, isto é das 07:00 às 17:00 hs. De posse do tempo disponível bruto desconta-se as paradas para almoço e limpeza do setor e encontra-se o tempo disponível líquido, que após ser dividido pela necessidade mensal do cliente, neste caso 17.000 kg, resulta no tempo de 36 segundos para processamento de um quilo de lã, ou então 60 minutos para processar 100 quilos de lã.

CÁLCULO DO TEMPO TAKT (T.T.)					
<u>TURNO NORMAL</u>					
REFERÊNCIA MÊS:		Março/2003			
NECESSIDADE DO CLIENTE:		17.000 Kg			
<u>TEMPO DISPONÍVEL BRUTO</u>					
2ª FEIRA =	5	x 9,4hs =	47	x 60' x 60" =	169.200
3ª FEIRA =	4	x 9,4hs =	37,6	x 60' x 60" =	135.360
4ª FEIRA =	4	x 9,4hs =	37,6	x 60' x 60" =	135.600
5ª FEIRA =	4	x 9,4hs =	37,6	x 60' x 60" =	135.600
6ª FEIRA =	5	x 9,4hs =	47	x 60' x 60" =	169.200
TOTAL =					744.680
<u>DESCONTOS</u>					
2ª FEIRA =	5	x (60' ALMOÇO / 10' CAFÉ / 30' LIMPEZA) =			100' x 60" = 30.000
3ª FEIRA =	4	x (60' ALMOÇO / 10' CAFÉ / 30' LIMPEZA) =			100' x 60" = 24.000
4ª FEIRA =	4	x (60' ALMOÇO / 10' CAFÉ / 30' LIMPEZA) =			100' x 60" = 24.000
5ª FEIRA =	4	x (60' ALMOÇO / 10' CAFÉ / 30' LIMPEZA) =			100' x 60" = 24.000
6ª FEIRA =	5	x (60' ALMOÇO / 10' CAFÉ / 30' LIMPEZA) =			100' x 60" = 30.000
TOTAL =					132.000
TEMPO DISP. LÍQUIDO =		TEMPO DISP. BRUTO - DESCONTOS			
BRUTO	744.680	-	DESCONTOS	132.000	= 612.680
T.T =	$\frac{\text{TEMPO DISPONÍVEL LÍQUIDO}}{\text{NECESSIDADE DO CLIENTE}} = \frac{612.680}{17.000}$				
T.T. = 01 Kg/36" ou 100 Kg/60'					

Fig. 29 – Cálculo do tempo takt (TT)

Na figura 30 encontra-se o cálculo do tempo takt (TT) versus o tempo de ciclo do operador (TCO), onde pode-se notar que antes das melhorias realizadas pela equipe Kaizen haviam dois operadores que realizam a mesma atividade (mistura da lã) em dois equipamentos distintos, isto é, em dois bateadores de lã. Para esta operação o tempo de ciclo de operação era de 106 minutos para que os dois operadores pudessem processar 100 quilos de lã. Desta forma somando-se os tempos de ciclo de operação dos dois operadores (53' + 53') encontra-se o valor de 106 minutos, que dividido pelo tempo takt anteriormente calculado encontra-se a necessidade de 1,77 operadores, o que na prática corresponde a necessidade de dois operadores. Esta era situação encontrada antes dos ganhos obtidos com as melhorias do kaizen.

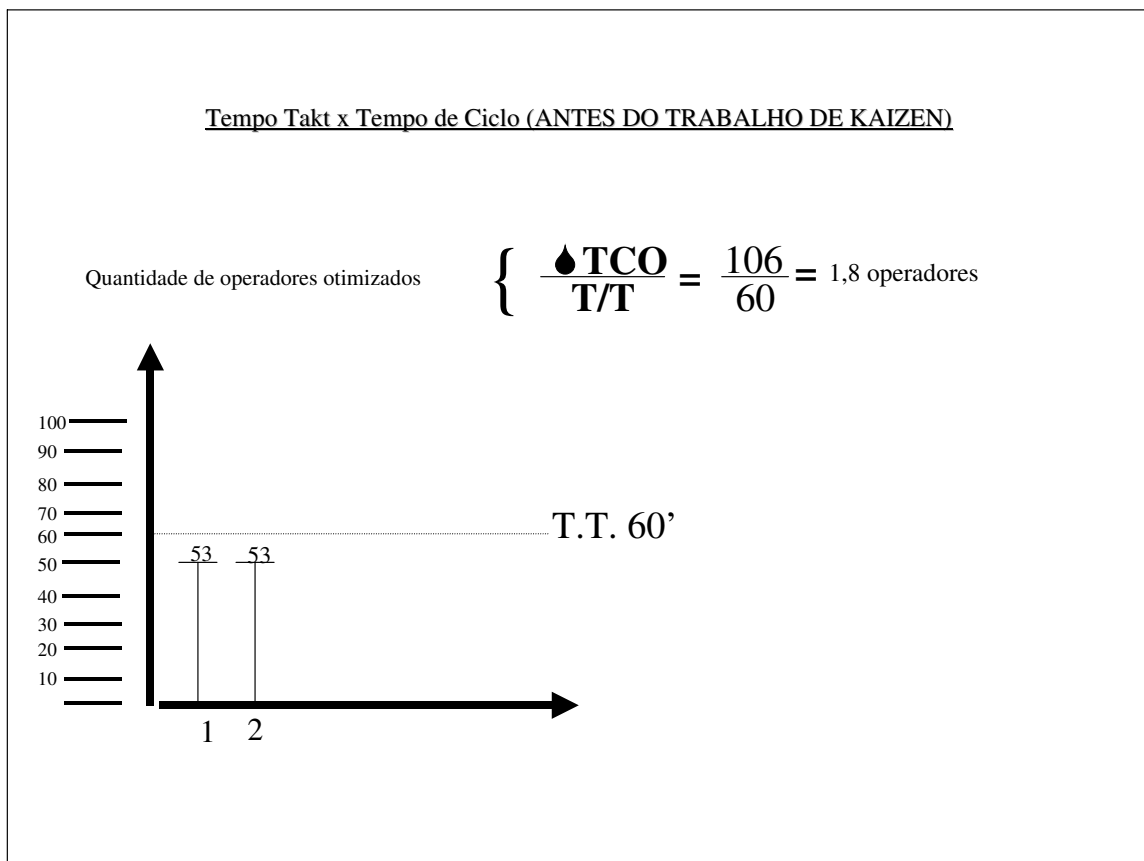


Fig. 30 – Cálculo do tempo takt x tempo de ciclo de operação antes do Kaizen

Na figura 31 encontra-se o lay out de trabalho standard que era utilizado antes do trabalho de Kaizen, onde pode-se observar a existência de dois operadores realizando a mesma atividade em dois equipamentos batedores de lã. Outro ponto que pode-se observar é que os fardos de lã a serem processados ficavam distantes dos batedores onde seriam utilizados.

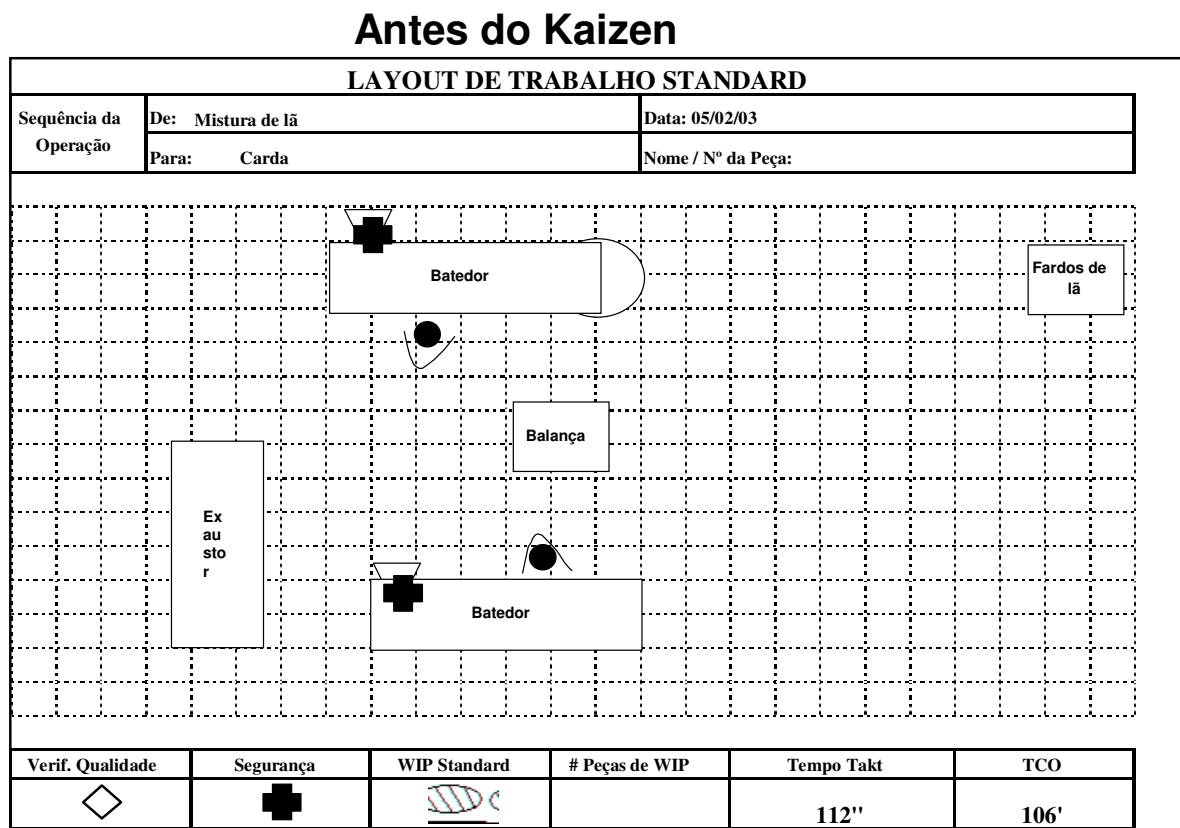


Fig. 31 – Lay out standard antes do trabalho de kaizen

Abaixo, na figura 32, encontra-se o plano de ação definido pela equipe que conduziu o trabalho de kaizen. Neste plano de ação pode-se notar que muitas ações definidas foram as que tem relação direta com o 5S, isto é, segurança, organização e limpeza. Muitas vezes com simples ações como as destacadas abaixo é possível alavancar grandes ganhos de produtividade, qualidade e proporcionar melhores condições de trabalho para os operadores.

PLANO DE AÇÃO

01	Identificar e segregar equipamentos obsoletos na área
02	Aproximar fardos de lã do batedor
03	Pintura de piso e paredes
04	Instalar mecanismos de paradas automáticas nos batedores para o final do processo
05	Aumentar altura das mesas para melhorar ergonomia para os operadores
06	Confeccionar 08 placas para identificação da lã
07	Confeccionar suporte para travamento da tampa do batedor
08	Confeccionar mesa para separação da lã
9	Troca das luminárias queimadas
10	Confeccionar proteção para o motor do exaustor
11	Alterar lay out conforme proposta para o novo lay out standard
12	Retirar a aba do batedor
13	Instalar botão de emergência na máquina batedor

Fig. 32 – Plano de ação

Na figura 33 é possível verificar como ficou o novo lay out de trabalho standard, onde observa-se que os fardos de lã foram distribuídos ficando muito próximos do batedor onde são processados, isto fez com que o tempo de transporte do operador para buscar os fardos de lã que ficavam distantes fossem consideravelmente reduzidos. Outro ponto que pode ser observado no novo lay out de trabalho standard é a presença de somente um operador realizando todo o processo.

Após Kaizen

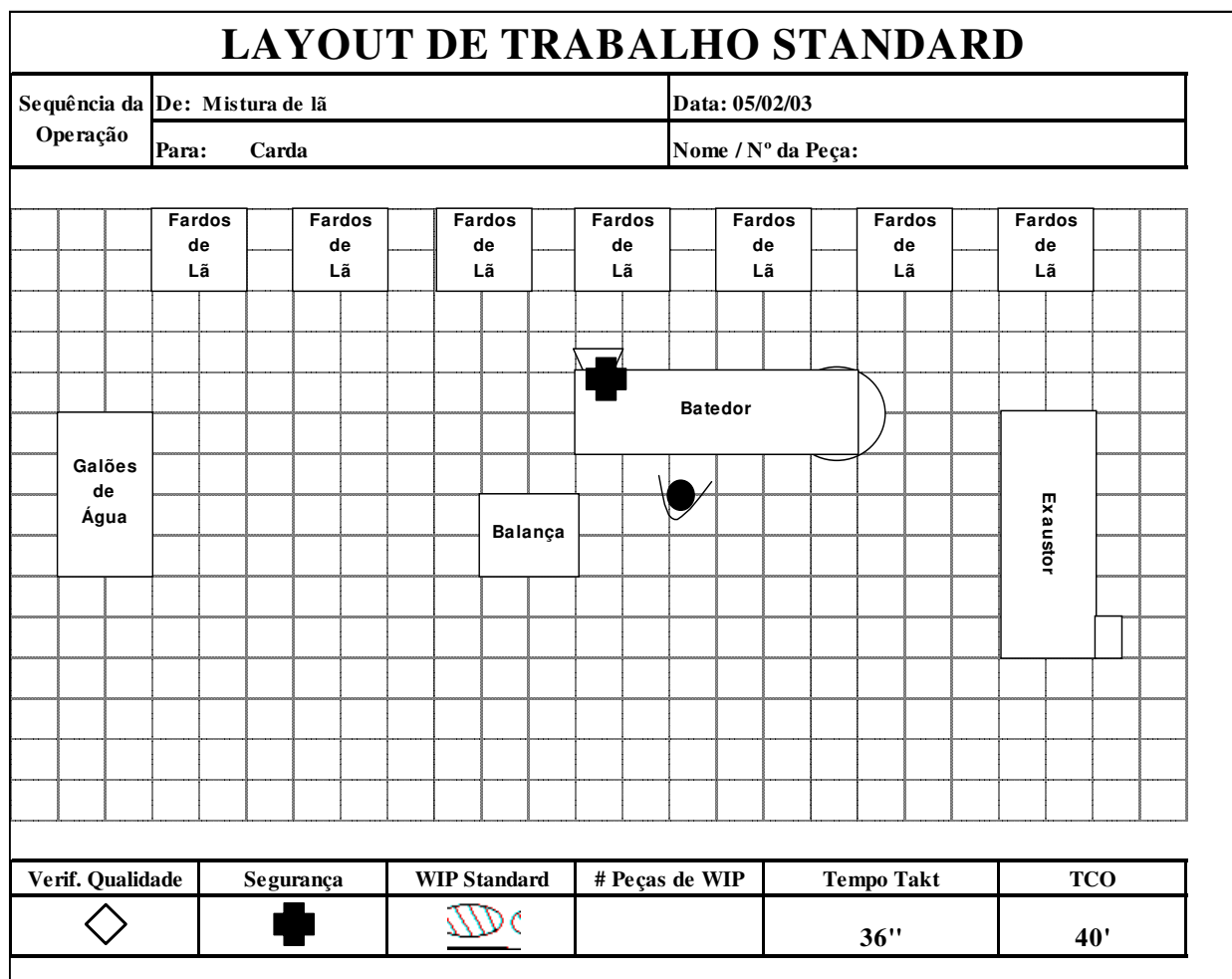


Fig. 33 – Lay out standard após trabalho de Kaizen

Com as melhorias implementadas no processo reduzindo as atividades que não agregavam valor ao processo e neste caso específico, com a realização do trabalho de 5S no setor, o tempo de ciclo de operação que anteriormente era de 106 minutos (soma dos tempos dos dois operadores) passou para 68 minutos, sendo realizada por apenas um operador, como é possível observar na figura 34 onde tem-se o tempo takt x tempo de ciclo do operador. Nesta nova situação o tempo de ciclo do operador (68 minutos) ao ser dividido pelo tempo takt já calculado anteriormente (60 minutos) informa a necessidade de 1,1 operador, o que na prática é considerado um operador apenas, pois após obter experiência com o novo lay out de trabalho standard deverá ser capaz de atender ao tempo takt.

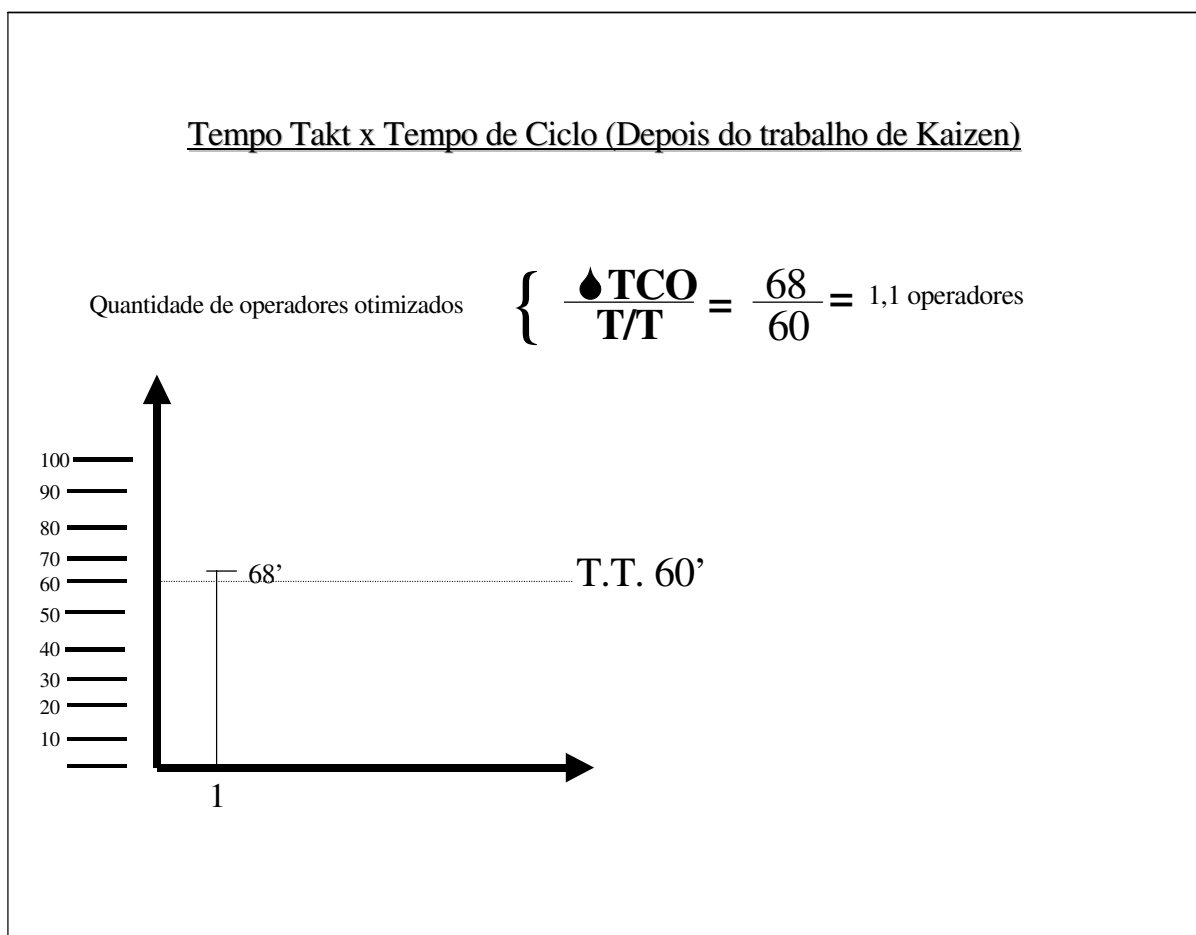


Fig. 34 - Calculo do tempo takt x tempo de ciclo de operação após Kaizen

Na figura 35 observa-se os resultados obtidos após a finalização do trabalho Kaizen. O ganho de produtividade obtido foi de 50%, pois anteriormente tinha-se dois operadores realizando a operação de mistura da lã e com as melhorias obtidas através do trabalho ficou-se com apenas um operador. O tempo de ciclo de operação que anteriormente era de 106 minutos (2 operadores x tempo de ciclo de operação de 53 minutos para cada operador) foi reduzido para 68 minutos, o que possibilitou que somente um operador passasse a realizar este processo após estar bem treinado no novo lay out de trabalho standard. Outros ganhos obtidos foram os que se referem a espaço e distância percorridos. Anteriormente o espaço necessário para esta célula era de 26 metros, porém após finalização do trabalho o espaço ocupado foi reduzido para 13,5 metros. Com relação ao espaço percorrido a redução foi de setenta e nove metros para cinquenta e cinco metros, em função da aproximação dos fardos de lã próximos ao operador que realiza a operação de mistura.

MEDIDA DE MELHORIA	ANTES DO KAIZEN	OBJETIVO KAIZEN	REALIZAÇÃO ATUAL	% MELHORIA
Operadores / dia (todos os turnos)	02		01	+ 50%
Total do TCO (segundos)	106		68	- 35%
Produtividade (Kg / dia / operador)	170	Aumento de 25%	340	+ 100%
Espaço utilizado	26		13,5	- 48%
Distância percorrida	79		55	- 31%

Fig. 35 – Resultados obtidos

4.12 – Conclusão:

Neste capítulo foi descrito como foi o processo de divulgação e a busca pelo comprometimento dos trabalhadores para com o sistema que estava sendo implantado, a formação da equipe de melhoria contínua que foi responsável pela condução dos trabalhos de kaizen, as atividades que contemplam os cinco dias de trabalho de um kaizen, o processo de atendimento a demanda, descrevendo o fluxo produtivo desde a entrada dos pedidos até o processo produtivo e no final do capítulo foi demonstrado resumidamente dois exemplos de trabalhos de kaizens realizados. No próximo capítulo serão apresentados os principais indicadores contemplando os resultados obtidos pela empresa após a implantação do Sistema Lean de Manufatura.

Capítulo 5

Resultados obtidos com a implantação do Sistema Lean de Manufatura

5.1 – Principais indicadores de desempenho do Sistema Lean de Manufatura

A seguir, serão apresentados um resumo com os principais resultados dos indicadores de desempenho obtidos com a implantação do Sistema Lean de Manufatura referentes aos anos de 2000 a 2004.

Nos gráficos das figuras 36 e 37 são verificados os índices de performance da manutenção. Na figura 36 encontramos o indicador de MTBF (Mean time between failure). Este indicador indica o tempo médio que ocorre entre as falhas dos equipamentos na empresa. Para que a empresa possa trabalhar com o fluxo de 1 peça, através de pequenos lotes e estoques reduzidos é importante que os equipamentos trabalhem o maior tempo possível sem apresentar falhas. Através da figura 36 é possível verificar a evolução ocorrida no indicador de MTBF.

Na figura 37 encontra-se o indicador de MTTR (Mean time to repair). Este indicador indica o tempo médio para reparo dos equipamentos quando ocorre a quebra. É objetivo ter este indicador o menor possível para que a célula possa trabalhar o maior tempo possível sem interrupções. Pela figura 37 observamos a redução acentuada do MTTR o que contribuiu para o sucesso da implantação do Sistema Lean de Manufatura.

Os indicadores de MTBF e MTTR são obtidos através das ordens de serviço que são emitidas sempre que um equipamento apresente problema de manutenção. Após conserto do equipamento, a ordem de serviço é finalizada e as horas gastas para o reparo do equipamento são lançadas em

um sistema informatizado, Sistema SAP, podendo ser consolidadas conforme o período desejado, tornando-se possível obter estes indicadores. O modo de cálculo para os indicadores MTBF e MTTR, conforme customização do sistema é descrito abaixo.

$$\text{MTBF} = \frac{\Sigma \text{ Horas disponíveis de todos os equipamentos utilizados na produção}}{\Sigma \text{ Número de ordens de serviço emitidas por problemas de manutenção}}$$

$$\text{MTTR} = \frac{\Sigma \text{ Horas gastas para manutenção do equipamento quando este apresenta falha}}{\Sigma \text{ Número de ordens de serviço emitidas por problemas de manutenção}}$$

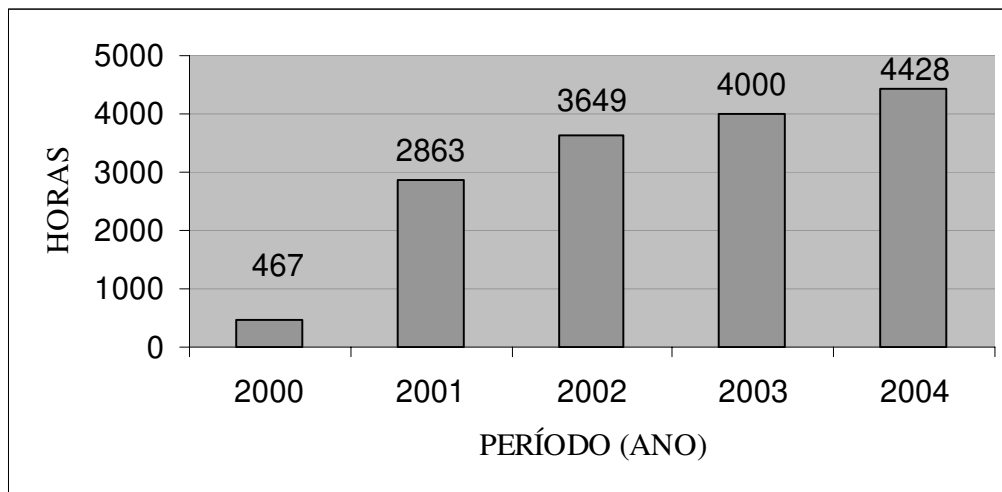


Fig. 36 – MTBF (Tempo médio entre falhas)
Fonte: Empresa Mann+Hummel Brasil Ltda

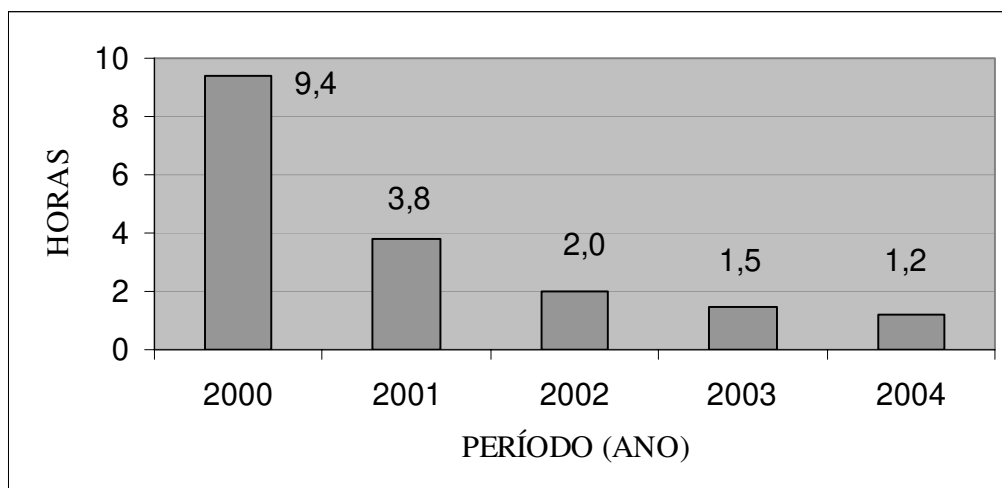


Fig. 37 – MTTR (Tempo médio para reparo)
Fonte: Empresa Mann+Hummel Brasil Ltda

No gráfico abaixo, figura 38, são apresentados os percentuais de pessoas que foram disponibilizadas nas células de produção onde ocorreram os trabalhos de Kaizen durante o ano em referência. Este indicador é calculado tomando-se como base os planos de fabricação de cada produto que é produzido nas células que tiveram Kaizen. Desta forma, verifica-se a quantidade de operadores necessários para fabricação de cada produto, nas condições antes e após trabalhos de Kaizen, e observa-se a quantidade de operadores que foram disponibilizados. Este procedimento é realizado para cada produto. Ao final do ano em análise, faz-se a consolidação deste indicador, somando-se a quantidade de operadores necessários para produção de todos os produtos, nas condições antes e após Kaizen, e obtém-se o percentual de pessoas disponibilizadas.

Para ilustrar o modo de cálculo de pessoas disponibilizadas, segue um exemplo hipotético onde é simulado o cálculo considerando cinco produtos cujos processos tenham passado por trabalhos de Kaizen.

Necessidade de operadores		
Produto	Antes do Kaizen	Após Kaizen
A	10	8
B	9	7
C	11	9
D	8	7
E	10	7
Σ	48	38

$$\% \text{ Redução} = [(1 - (38/48)) \times 100]$$

$$\% \text{ Redução} = 20,83 \%$$

Portanto, para este exemplo hipotético, o percentual de redução de operadores após os trabalhos de Kaizen é de 20,83%. Na prática este é o critério utilizado para consolidação deste indicador.

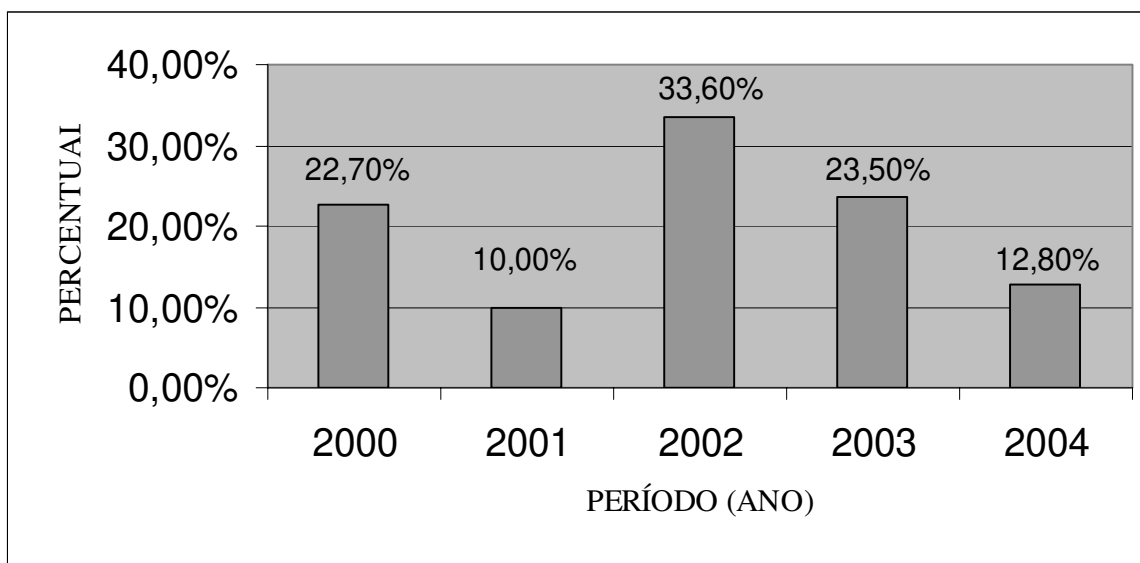


Fig. 38 – Pessoas Disponibilizadas
Fonte: Empresa Mann+Hummel Brasil Ltda

Outro indicador que comprova a eficácia do Sistema Lean de Produção é o que mede a produtividade. Existem duas formas de obtermos ganhos de produtividade, uma delas é produzindo mais peças com a mesma quantidade de recursos (pessoas), o que nem sempre é possível, pois passa-se a depender do aumento no volume da demanda, o que muitas vezes não é tão simples, a segunda forma é conseguindo produzir os mesmos volumes de peças reduzindo a quantidade de recursos (pessoas) necessários. Tanto na primeira quanto na segunda situação o Sistema Lean de Manufatura contribuiu de forma direta, pois trouxe ganhos através da redução das atividades que não agregam valor na cadeia produtiva.

No quadro 8, pode-se observar os volumes anuais de produção no período do ano 2000 a 2004, a quantidade de mão de obra direta utilizada e a quantidade média de peças produzidas no ano por operador, a qual é calculada dividindo-se a quantidade produzida pela mão de obra direta utilizada.

ANO	QDE PEÇAS PRODUZIDAS	QDE OPERADORES (M.O.D)	PEÇAS / ANO / OPERADOR
2000	14.227.829	447	31.830
2001	16.825.290	451	37.307
2002	19.542.000	416	46.976
2003	22.382.822	450	49.740
2004	24.239.187	482	50.289

Quadro 7 – Volume de produção anual (2000 a 2004)
Fonte: Empresa Mann+Hummel Brasil Ltda

No gráfico abaixo, figura 39, observa-se a evolução na quantidade média de peças por ano que cada operador produziu durante o ano em análise. Para o cálculo deste indicador foi considerado somente a mão de obra direta (M.O.D), ou seja aquela que participa diretamente na fabricação do produto. A mão de obra indireta (M.O.I), aquela que compõem a estrutura administrativa da empresa não é levada em consideração para efeito de cálculo deste indicador.

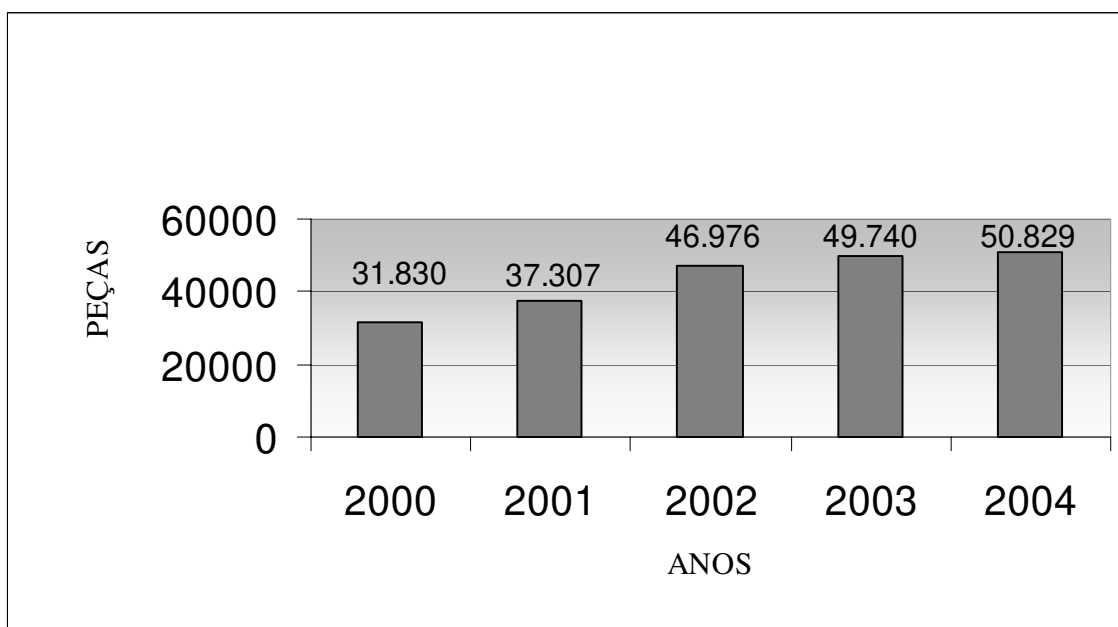


Fig. 39 – Peças produzidas / por ano / por operador
Fonte: Empresa Mann+Hummel Brasil Ltda

Para que seja possível atender as demandas dos clientes dentro dos prazos requeridos é necessário ter o menor lead time possível, isto é, deve-se reduzir ao máximo possível o tempo entre a colocação do pedido pelo cliente até que o produto esteja disponível para embarque. O gráfico abaixo, figura 40, ilustra os tempos médios de lead time no período de 2000 a 2004. A redução nos tempos de lead time trouxe para a empresa maior flexibilidade em poder atender as constantes mudanças nas carteiras de pedidos, principalmente dos clientes de mercado reposição onde existe maior flutuação na carteira de pedidos, e também colaborou para que os lotes de produção tivessem a flexibilidade de serem reduzidos, quando assim necessário.

Este indicador é obtido através da utilização de um sistema informatizado, Sistema SAP, o qual é carregado com as informações das datas de entrada dos pedidos na empresa, e após o produto estar pronto e disponível para embarque, quando do faturamento do pedido, o sistema volta a ser carregado com a informação referente a data em que foi faturado. Com as informações das datas de entrada dos pedidos na empresa e das datas de faturamento destes pedidos, o sistema consegue gerar relatórios demonstrando a evolução nos tempos de lead time.

Lead Time = [Data de faturamento do produto – Data de entrada do pedido]

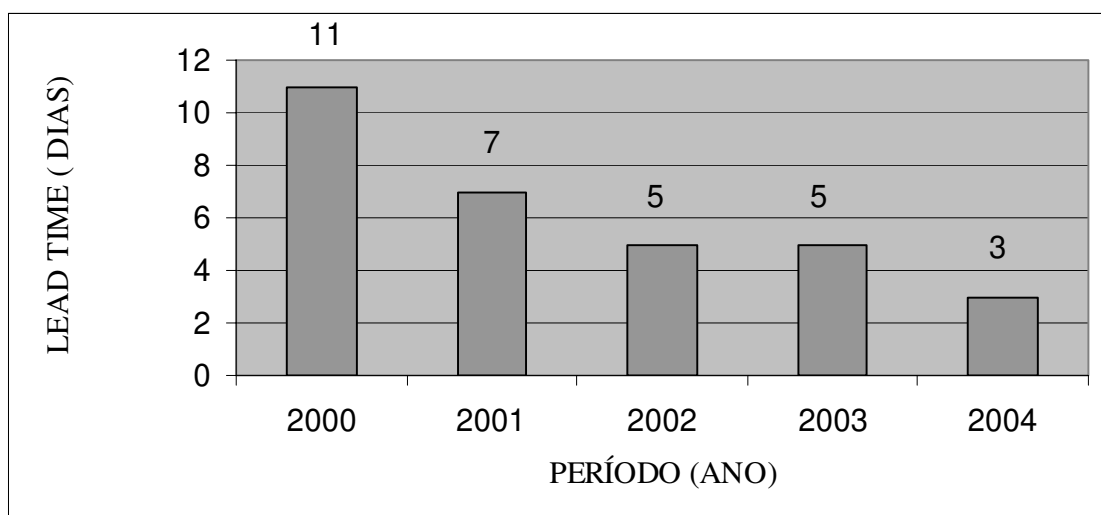


Fig. 40 – Tempo médio de Lead Time
Fonte: Empresa Mann+Hummel Brasil Ltda

Para que seja possível reduzir os custos de estoques faz-se necessário que a produção passe a ser puxada ao invés de empurrada, desta forma é possível trabalhar com fluxo de 1 peça e eliminar os estoques intermediários existentes entre os processos. Uma das formas bastante utilizadas para medirmos a redução dos estoques intermediários é através do TCO (tempo de ciclo de operação), o que na prática é possível medir escolhendo aleatoriamente uma ou mais peças, no início da primeira operação do processo e medir o tempo que irá demorar para que esta peça passe por todas as etapas do processo até estar pronta para ser enviada à expedição. Ao trabalhar com fluxo de 1 peça o que possibilita a eliminação dos estoques intermediários entre os processos, o tempo de ciclo de operação (TCO) será muito menor quando comparado com o sistema de produção empurrado, onde as peças são processadas em lotes e as peças ficam nos estoques intermediários para serem processadas.

No gráfico abaixo, figura 41, pode-se observar os percentuais de reduções nos tempos de ciclos de operação. Este indicador é calculado analisando-se os TCOs de todas as peças das células que passaram por trabalhos de Kaizen durante o ano, verificando os percentuais de redução nas condições antes e depois do Kaizen. O modo de cálculo do TCO é demonstrado abaixo, através de um exemplo hipotético considerando 5 produtos que tenham passado por trabalhos de Kaizen.

TCO (Tempo de ciclo de operação- em Segundos)

Produto	Antes do Kaizen	Após Kaizen
A	60	40
B	70	50
C	40	20
D	20	15
E	<u>35</u>	<u>25</u>
Σ	225	150

$$\% \text{ Redução TCO} = [(1 - (150/225)) * 100]$$

$$\% \text{ Redução TCO} = 33,33\%$$

Portanto, para este exemplo hipotético, o percentual de redução do TCO após os trabalhos de Kaizen é de 33,33%. Na prática este é o critério utilizado para consolidação deste indicador.

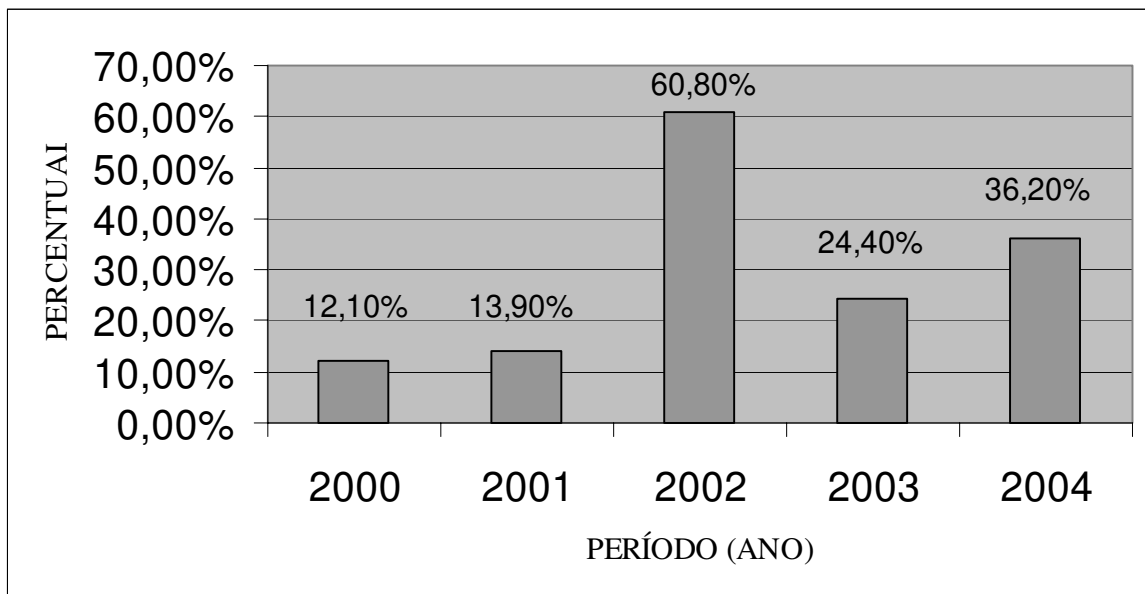


Fig. 41– Redução no TCO

Fonte: Empresa Mann+Hummel Brasil Ltda

Um dos pontos importantes que o Sistema Lean de Manufatura ajuda a alavancar é o relacionado a questão qualidade. Com a utilização da produção puxada, utilizando o fluxo de 1 peça, qualquer anomalia relacionada a problemas de qualidade é rapidamente identificada e de imediato as ações devem ser tomadas. Por não existir estoques intermediários entre os processos, qualquer necessidade de retrabalho ou mesmo de sucateamento de peças ficará restrita a uma limitada quantidade de peças, reduzindo assim os retrabalhos existentes na cadeia de agregação de valor possibilitando também a redução dos custos operacionais. No gráfico abaixo, figura 42, pode-se verificar a quantidade de horas gastas com retrabalhos de peças no período de 2000 a 2004. De forma similar aos demais indicadores, o cálculo é realizado utilizando um sistema informatizado, Sistema SAP, onde é emitido um documento denominado ORR, ordem e roteiro de retrabalho, toda vez que ocorrer a necessidade de retrabalho em peças produzidas. Após o encerramento da operação de retrabalho, o tempo gasto é lançado no sistema, o que possibilita a

geração de relatórios demonstrando a evolução deste indicador. Este indicador é calculado da seguinte forma:

Horas de Retrabalho = Σ Todas as horas gastas com retrabalhos no período (no caso, anual)

As reduções obtidas nos retrabalhos existentes colaboraram de forma direta para que os acordos com os objetivos de qualidade (PPM: peças por milhão) definidos pelas montadoras de veículos fossem atingidos.

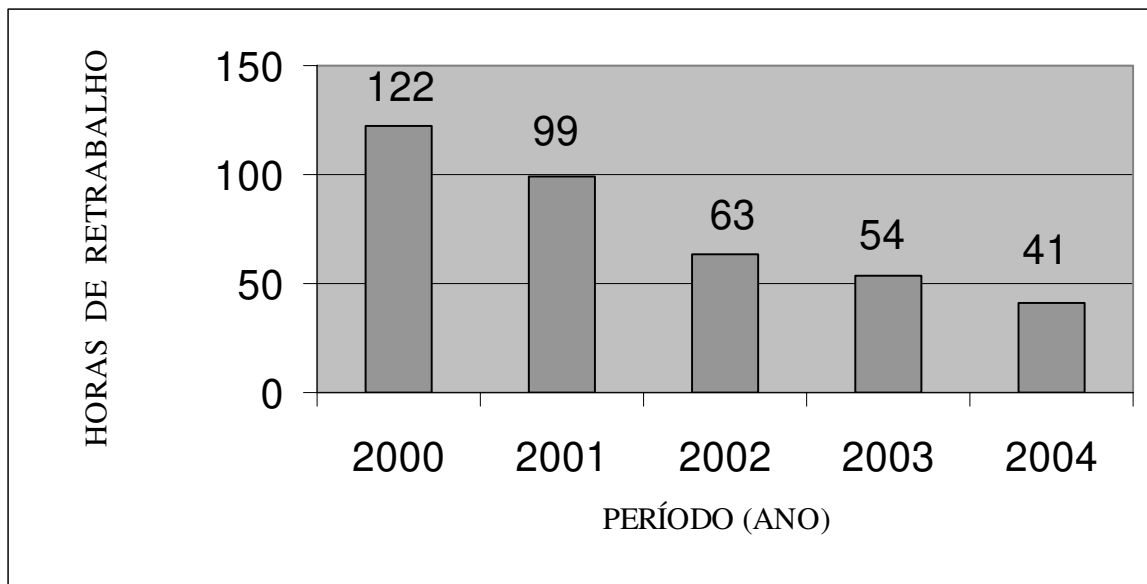


Fig. 42 - Horas de Retrabalho
Fonte: Empresa Mann+Hummel Brasil Ltda

Para obter a flexibilidade de produzir em lotes de produção cada vez menores, possibilitando desta forma a redução nos estoques, faz-se necessário a redução nos tempos de Set up, isto é, o tempo gasto a partir do momento que produzimos a última peça boa de um determinado produto até produzirmos a primeira peça boa de um novo produto. No gráfico abaixo, figura 43, é possível observar os percentuais de redução de set up ocorridos durante o ano devido a trabalhos de Kaizen, no período de 2000 a 2004.

Os trabalhos de kaizen para redução nos tempos de set up tiveram forte participação dos trabalhadores que são os responsáveis diretos pela execução dos set ups. Estas reduções também colaboraram de forma direta para que as células de produção tivessem maior flexibilidade em termos de variação no mix de produção e na produção em pequenos lotes.

A seguir, segue um exemplo hipotético ilustrando o modo como é calculado a redução no tempo de set up, considerando 5 produtos que tenham passado por trabalhos de Kaizen de set up.

Tempo de set up (Minutos)		
Produto	Antes do Kaizen	Após Kaizen
A	120	80
B	110	70
C	50	20
D	90	60
E	<u>140</u>	<u>95</u>
Σ	510	325

$$\% \text{ Redução TCO} = [(1 - (325/510)) * 100]$$

$$\% \text{ Redução TCO} = 36,27\%$$

Portanto, para este exemplo hipotético, o percentual de redução de redução de Set up após os trabalhos de Kaizen é de 36,27%. Na prática este é o critério utilizado para consolidação deste indicador.

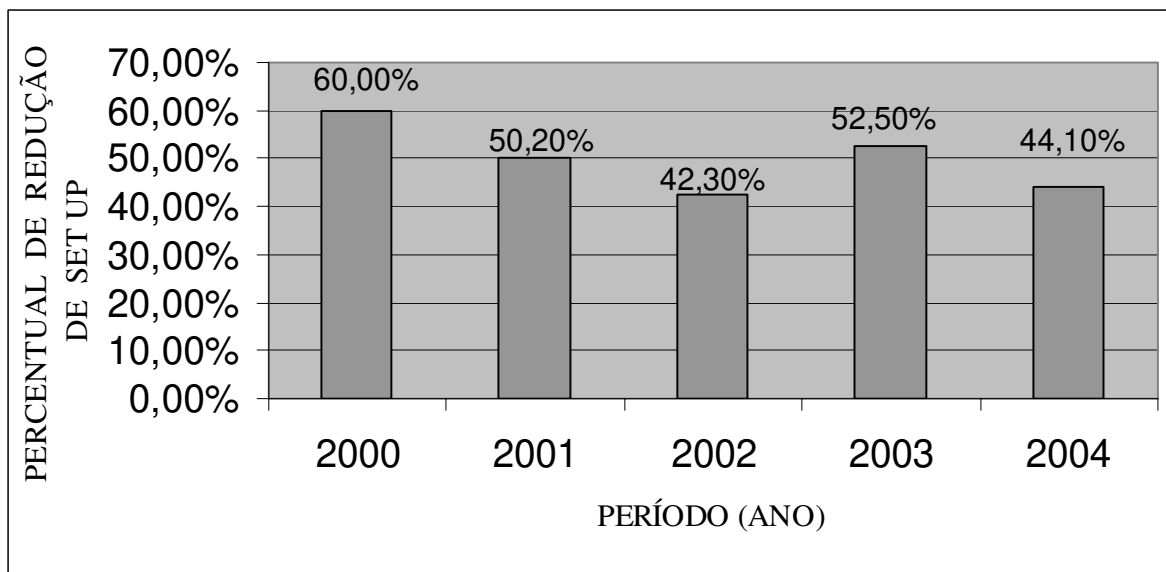


Fig.43 - Redução no tempo de Set Up
Fonte: Empresa Mann+Hummel Brasil Ltda

Um outro item importante que o Sistema Lean de Manufatura ajudou a alavancar foi o relacionado a exportação. Na medida que os trabalhos de Kaizen eram realizados e principalmente com a implantação de células de manufatura, as quais fizeram com que a produção deixasse de ser empurrada e passasse a ser puxada, aliando a isto, a redução na movimentação e transporte de materiais durante o processo, houve ganhos de espaço fazendo com que áreas dentro da empresa se tornassem disponíveis para novos negócios. Com a liberação destas áreas foi possível viabilizar junto a matriz (Alemanha) a transferência de uma nova célula produtiva para produzir uma determinada família de produtos, cujo foco passou a ser a exportação, fornecendo esta família de produtos para todo mercado Europeu. Esta nova linha de produtos gerou em torno de 20 novas vagas de empregos, com um acréscimo aproximado de R\$2.300.000,00 no faturamento anual da empresa.

Além do espaço disponibilizado, outro fator que contribuiu para a alavancagem do novo negócio foi a redução no lead time de exportação. No quadro 7, abaixo, é possível observar os ganhos obtidos com o Sistema Lean de Manufatura na redução do lead time de exportação.

LEAD TIME DE EXPORTAÇÃO	
ANO	PERÍODO
1999	08 A 10 Semanas
2000	06 a 08 Semanas
2001	04 a 05 Semanas
2002	03 a 04 Semanas
2003	02 a 03 Semanas
2004	02 a 03 Semanas

Quadro 8 – Lead time de produção para exportação
Fonte: Empresa Mann+Hummel Brasil Ltda

Como já foi mencionado anteriormente, a principal ferramenta utilizada na implantação do Sistema Lean de Manufatura foi a metodologia kaizen onde através de grupos de trabalhos todos os conceitos do Sistema Toyota de produção foram colocados em prática. Para o êxito da implantação um fator importante e que foi bastante trabalhado foi o relacionado a capacitação dos recursos humanos. Abaixo podemos observar o gráfico, figura 44, que ilustra o percentual de funcionários treinados em relação ao quadro total de funcionários da empresa no período em análise.

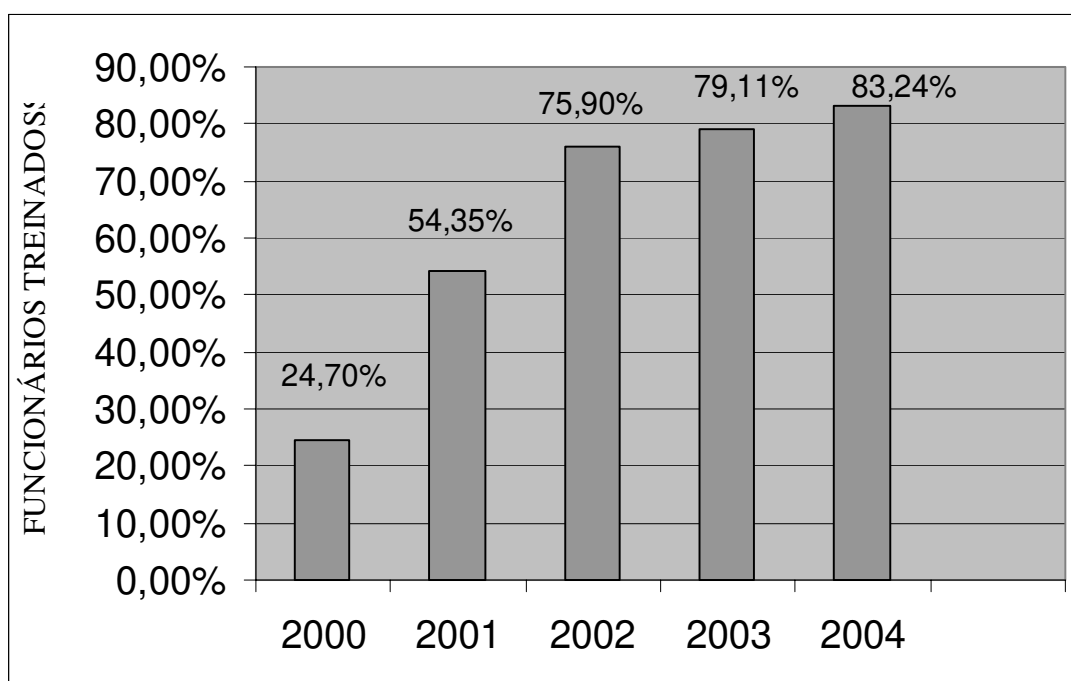


Fig. 44 – Percentual de funcionários treinados
Fonte: Empresa Mann+Hummel Brasil Ltda

Capítulo 6

Conclusão

A necessidade de sobrevivência em um mercado cada vez mais globalizado, onde a concorrência deixa de ser preocupação somente no âmbito local e passa a ser uma ameaça no contexto mundial, onde também os clientes começam a ter acesso as informações, fazendo com que se tornem mais exigentes e conhecedores de seus direitos tem feito com que as empresas tenham dois caminhos a seguir.

Um caminho é continuar utilizando as antigas técnicas Tayloristas de administração da manufatura, trabalhando em lotes, com grandes inventários, produtos com baixo padrão de qualidade e grandes desperdícios em sua cadeia de agregação de valor, caminho este que certamente fara com que estes tipos de empresas venham a perder seus mercados, pois estarão cada vez menos competitivas e incapazes de responder às exigências do mercado. Outro caminho que algumas empresas já começam a enxergar, entender e praticar, é o da administração da manufatura utilizando os conceitos da manufatura enxuta, onde os desperdícios existentes na cadeia de agregação de valor são incansavelmente combatidos, fazendo com que a resposta às exigências do mercado sejam rapidamente respondidas.

Pela evolução do trabalho apresentado, cujo foco principal foi a demonstração de um caso prático de implantação do Sistema Lean de Manufatura, derivado do Sistema Toyota de Produção, em uma empresa de autopeças produtora de filtros automotivos, pode-se observar perfeitamente que os resultados alcançados estão conduzindo esta empresa a índices de empresa com padrão de Classe Mundial, contribuindo de forma decisiva para que ela possa se manter líder no segmento de mercado onde atua.

Os resultados alcançados em termos de produtividade, qualidade e lead time, associados a implantação da produção puxada com fluxo unitário de produção, onde os inventários e estoques intermediários foram reduzidos, conduziram esta empresa na obtenção de fortes vantagens competitivas e como resultado positivo de todos este processo alavancou a conquista de novos negócios e consequentemente a obtenção de um salto em seu faturamento.

Mudanças culturais foram necessárias no processo de implantação do Sistema enxuto de manufatura, o trabalho de conscientização desde os operários do “chão-de-fábrica” até o nível gerencial foi arduamente difundido através de workshops e no “corpo-a-corpo” com as pessoas chaves neste processo.

Um trabalho junto ao quadro de fornecedores foi decisivo para o sucesso desta jornada, neste caminho alguns fornecedores tiveram que ser cortados e novos fornecedores tiveram que ser desenvolvidos para que o aprovisionamento das necessidades fosse realizado conforme conceitos Just-in-time, e garantido com um padrão de qualidade aceitável.

A metodologia Kaizen utilizada foi o principal mecanismo de comprometimento e alavancador das mudanças ocorridas durante todo o processo. A possibilidade que as pessoas tiveram de participar fez com que o foco de resistência fosse quase que imperceptível dentro da organização.

A mudança de conceitos e a forma de gerenciamento da equipe de manutenção foi também parte decisiva no processo, pois produzir em fluxo unitário de produção, eliminar os estoques intermediários, reduzir ao máximo os inventários e produzir em pequenos lotes exige reduzidos tempos de set up e requer que os equipamentos apresentem reduzidos tempos de paradas por quebra. Foi neste item que a redução nos tempos médios de reparo dos equipamentos (MTTR) e o aumento no tempo médio entre falhas (MTBF) deu sua parcela de contribuição de forma eficaz para o processo.

A busca constante pela redução dos desperdícios existentes entre os processos deve ser a atenção principal das empresas que decidem pela estratégia de trilhar pelos caminhos da jornada Lean de manufatura, o treinamento da equipe sobre os conceitos, princípios e modelos são

fundamentais, conhecer empresas que já utilizam esta filosofia pode ser decisivo na opção de qual caminho seguir.

Um meio para a difusão desta filosofia pode ser através das federações das indústrias, como por exemplo a FIESP no estado de São Paulo, as instituições acadêmicas e as instituições governamentais.

Certamente se houvesse uma integração destas três instituições e também o incentivo para divulgação, capacitação e implantação, nossas empresas estariam melhores preparadas, mais competitivas e poderiam contribuir no aumento de geração de riquezas para o País em um mundo que se encontra em um processo irreversível de globalização.

BIBLIOGRAFIA:

- BLACK, J. T. **O Projeto da Fábrica com Futuro**. Bookman, Porto Alegre, 1998.
- COLEMAN, B. Jay & VAGHEFI, M. Reza. Heijunka(?): A Key to the Toyota Production System. **Production and Inventory Management Journal**, Fourth Quarter, 1994, p. 31-35.
- GHINATO, P. **Sistema Toyota de Produção** - Mais do que Simplesmente Just-In-Time. Editora da Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 1996.
- GHINATO, P. The Role of Mistake-proofing Systems in Zero-defect-oriented Environments, **Proceedings of the 2nd International Congress of Industrial Engineering – ENEGEP'96**, Brasil, 1996.
- GHINATO, P. Quality Control Methods: Towards Modern Approaches Through Well Established Principles, **Total Quality Management Journal**, England, v. 9, n. 6, December, 1998.
- HALL, Robert W. **Zero Inventories**. Homewood, Illinois, Dow Jones-Irwin, 1983.
- HARMON, Roy L. **Reinventando a fábrica II: conceitos modernos de produtividade na prática**. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1993.
- KATO, Tetsuro & STEVEN, Rob. **An International Debate – Is Japanese Management Post-Fordism ?** Tokyo, Japan, Mado-Sha, 1993.
- KRAJEWISK, I: L. RITZMAN. **Operations Management: Strategy and Analysis**. 3ed. Reading, MA: Addison – Wesley, 19992
- MONDEN, Yasuhiro. What makes the Toyota Production System really tick? **Industrial Engineering**, [S.l.], p. 36-46, Jan. 1981.
- MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção**. Editora do IMAM, São Paulo, 1984.
- OHNO, T. **Sistema Toyota de Produção** – Além da Produção em Larga Escala, Porto Alegre, Editora Bookman, 1997.
- OHNO, Taiichi & MITO, Setsuo. **Just-in-time for today and tomorrow**. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1988.
- JOHNSON, T. (1992), **Relevância recuperada** – RJ, Editora Campus
- ROTHER, Mike & SHOOK, John. **Aprendendo a Enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para Agregar Valor e Eliminar o Desperdício**. Lean Institute Brasil, São Paulo, 1998.

- SCHROEDER, D. M. & ROBINSON, A. G. America's most successful export to Japan: continuous improvement programs. **Sloan Management Review**, vol. 32, no. 3, 1991.
- SEKINE, Kenichi. **One-Piece Flow: Cell Design for Transforming the Production Process**. Portland, Oregon, Productivity Press, 1992.
- SEPHERI, Mehran. **Just-in-time, not just-in-Japan: Case studies of American pioneers in JIT implementation**. Falls Church, USA, APICS, 1986.
- SHINGO, Shigeo. **Study of Toyota production system from industrial engineering viewpoint**. Tokyo, Japan Management Association, 1981.
- SHINGO, Shigeo. **Zero quality control: source inspection and the poka-yoke system**. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1986.
- SHINGO, Shigeo. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System**. Cambridge, Mass., Productivity Press, 1987.
- SHINGO, Shigeo. **The sayings of Shigeo Shingo: key strategies for plant improvement**. Productivity Press, Cambridge, Massachusetts, 1987.
- SHINGO, Shigeo. **Non-stock production: the Shingo system for continuous improvement**. Cambridge, Massachusetts, Productivity Press, 1988.
- TOOMEY, John W. **MRP II – Planning for Manufacturing Excellence**. New York, Chapman & Hall: 1996
- WOMACK, James P., JONES, Daniel T. & ROOS, Daniel. **A máquina que mudou o mundo**. 2. ed. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1992.
- WOMACK, James P. & JONES, Daniel T. **Lean Thinking**. Simon & Schuster, New York, 1996.
- GAZETA MERCANTIL (2002) Campo de prova de inovações. Gazeta Mercantil Indústria automobilística, 3 Set. 2002
- GAZETA MERCANTIL (2003) Fábrica do ABC é padrão mundial da Mercedes. Relatório Gazeta Mercantil Indústria automobilística, 27 Jul. 2003