

CENTRO UNIVERSITÁRIO DO INSTITUTO MAUÁ DE TECNOLOGIA

**APRESENTAÇÃO E APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE PRODUÇÃO
ENXUTA EM UMA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO VEICULAR PARA A
REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS E A OBTENÇÃO DE UMA MAIOR
PRODUTIVIDADE NOS PROCESSOS DE MONTAGEM DE LANTERNAS
AUTOMOTIVAS.**

São Caetano do Sul

2012

TIAGO GONÇALVES GLÓRIA

**APRESENTAÇÃO E APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE PRODUÇÃO
ENXUTA EM UMA INDÚSTRIA DE ILUMINAÇÃO VEICULAR PARA A
REDUÇÃO DE DESPERDÍCIOS E A OBTENÇÃO DE UMA MAIOR
PRODUTIVIDADE NOS PROCESSOS DE MONTAGEM DE LANTERNAS
AUTOMOTIVAS.**

Monografia apresentada ao curso de pós-graduação em Engenharia Automotiva, da Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia para obtenção do título de especialista.

Orientador: Prof. Cleber Lorenzi

São Caetano do Sul

2012

Glória , Tiago

Apresentação e aplicação das ferramentas de produção enxuta em uma indústria de iluminação veicular para a redução de desperdícios e a obtenção de uma maior produtividade nos processos de montagem de lanternas automotivas / Tiago Glória. — São Caetano do Sul, SP: CEUN-EEM, 2012.
69p.

Monografia (Especialização em Engenharia Automotiva) — Escola de Engenharia Mauá do Centro Universitário do Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, 2012.

1. Processo de produção enxuta 2. Sistema Toyota de produção 3. *Lean manufacturing* 4. Eliminação de desperdícios I. Instituto Mauá de Tecnologia. Centro Universitário. Escola de Engenharia Mauá. II. Título.

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado em especial à minha família que sempre me incentivou a progredir em meus estudos e a seguir trabalhando para alcançar minhas metas. Dedico também a todos aqueles que me apoiaram durante esta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Prof. Cleber Lorenzi, que dedicou seu tempo para me instruir nesta monografia, e a todos os professores que se empenharam em passar seus conhecimentos durante as aulas do curso de pós graduação.

RESUMO

Em 1945, os japoneses perderam a segunda guerra mundial, esta data marcou o começo do Sistema Toyota de Produção, onde o presidente da Toyota Motor Company da época, Toyoda Kiichiro, estabeleceu a meta que os japoneses deveriam alcançar os Estados Unidos em um prazo de três anos, logo após a guerra terminar. Os desperdícios realizados pela empresa japonesa deveriam ser eliminados completamente para que as metas estabelecidas pelo presidente da Toyota pudessem ser alcançadas. O Sistema Toyota de Produção foi desenvolvido pela necessidade, pois os Estados Unidos conseguiram abaixar os custos de seus veículos, produzindo conforme o sistema tradicional de produção em massa desenvolvido por Frederick Taylor e Henry Ford no início do século XX. O sistema desenvolvido por Taylor basicamente consiste em produzir lotes de larga escala de um único tipo de veículo, especializando os setores da fábrica, enquanto que o Sistema Toyota de Produção consiste em cortar custos, eliminar desperdícios e produzir pequenos lotes de vários modelos de veículos. Em 1950, com a guerra na Coréia, a indústria automotiva demonstrou inícios de recuperação, mas naquele momento iniciou-se uma disputa com o sindicato por uma redução do número de operadores na fábrica, ocasionando greves e consequentemente na renúncia do então presidente da Toyota, Toyoda Kiichiro. Logo após a renúncia do presidente, Taiichi Ohno assumiu a gerencia da Toyota e resolveu pensar de maneira invertida, inicio-se então a criação do Sistema Toyota de Produção. A base deste sistema foi a inversão do sistema tradicional de produção empurrada pelo sistema de produção puxada, onde todas as ferramentas foram criadas pela necessidade gerada pelo novo sistema de produção estabelecido, com o foco em eliminar os desperdícios de uma maneira progressiva, com o objetivo de produzir pequenos lotes de produção de diversos tipos de produtos. Esta monografia relata a aplicação das ferramentas de produção enxuta em um estudo de caso em uma indústria de iluminação veicular, com o objetivo de reduzir os desperdícios e obter uma maior produtividade nos processos de montagem de lanternas automotivas. Os resultados deste estudo de caso foram alcançados, com uma redução de 55,1% no tempo de *set up* do processo de injeção dos componentes da lanterna, aumento de 55,1% na produtividade da montagem final e um ganho de 27% na área ocupada pela célula de montagem.

Palavras-chave: Processo de produção enxuta. Sistema Toyota de Produção. *Lean manufacturing*. Eliminação de desperdícios.

ABSTRACT

In 1945, the Japonese lost World War II, this date marked the beginning of the Toyota lean production system, where Toyota Motor Company's president at that time, Toyoda Kiichiro, set the goal that the Japonese should reach the United States in a period of three years after the war ends. Wastage made by the Japonese company should be completely eliminated so that the goals established by the president of Toyota could be achieved. The Toyota lean production system was developed by necessity, as the United States managed to lower the costs of their vehicles, producing according to the traditional system of mass production developed by Frederick Taylor and Henry Ford in the early twentieth century. The system developed by Taylor basically consists of large scale production batches of a single type of vehicle, specializing the sectors of the plant, while the Toyota lean production system is to cut costs, to eliminate waste and to produce small batches of various models of vehicles. In 1950, with the war in Korea, the automotive industry showed signs of recovery, however began a dispute with the union for a reduction in the number of operators at the plant, causing strikes and consequently the resignation of Toyota's president, Toyoda Kiichiro. After the resignation of the president, Taiichi Ohno took over the management of Toyota and decided a inverted way of thinking, he created the Toyota lean production. The basis of this system was the reversal of the traditional production system pushed by the pull production system, where all the tools were created by the need generated by the new production system established, with a focus on eliminating waste in a progressive way, with the objective of producing small batches production of various types of products. This paper discibes the application of lean production tools in a case study inside a vehicular lighting industry, in order to reduce waste and achieve higher productivity in the process of assembling automotive rear lamps. The results of this case study were achieved with a reduction of 55.1% in the set up time of the injection process of the components of the rear lamp, an increase of 55.1% in the productivity of final assembly and a 27% gain in the area occupied by the call assembly.

Keywords: *Process of lean production. Toyota production system. Lean manufacturing. Waste disposal.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 -	Excesso de produção	14
FIGURA 2 -	Tempo de espera	15
FIGURA 3 -	Excesso de transporte	15
FIGURA 4 -	Excesso de processos	16
FIGURA 5 -	Excesso de movimentação	16
FIGURA 6 -	Retrabalho	17
FIGURA 7 -	Excesso de estoque	17
FIGURA 8 -	Sistema de produção puxado x sistema de produção empurrado	19
FIGURA 9 -	<i>Poka yoke</i> de processos	21
FIGURA 10 -	<i>Poka yoke</i> de produto	21
FIGURA 11 -	Multi processo / multi máquina	24
FIGURA 12 -	Produção convencional x fluxo de uma peça de uma célula de montagem	27
FIGURA 13 -	Princípio de economia das mãos	31
FIGURA 14 -	Gestão à vista	34
FIGURA 15 -	<i>Andon</i>	34
FIGURA 16 -	Cartão <i>kanban</i> utilizado pela Toyota	37
FIGURA 17 -	Fórmula do <i>takt time</i>	45
FIGURA 18 -	Máquina injetora de lentes e carcaças de lanternas automotivas	49
FIGURA 19 -	Aproximação dos distribuidores para dentro da máquina	51
FIGURA 20 -	Padronização da refrigeração com engate rápido	51
FIGURA 21 -	Construção da plataforma	52
FIGURA 22 -	Trabalho padronizado, organização das ferramentas de <i>set up</i>	52
FIGURA 23 -	Régua de aproximação para ajuste da altura de molde	53

FIGURA 24 -	Utilização da chave de impacto para fixação do molde	53
FIGURA 25 -	Célula de montagem final de lanternas	55
FIGURA 26 -	Mapofluxograma da situação inicial da célula de montagem	56
FIGURA 27 -	Gráfico gerado pela cronoanálise da situação inicial do processo de produção	57
FIGURA 28 -	Célula de montagem final – segundo posto de trabalho	58
FIGURA 29 -	Célula de montagem final – terceiro posto de trabalho	59
FIGURA 30 -	Célula de montagem final – quarto posto de trabalho	59
FIGURA 31 -	Célula de montagem final – quinto posto de trabalho	60
FIGURA 32 -	<i>Layout</i> final da célula de montagem	61
FIGURA 33 -	Mapofluxograma da situação final da célula de montagem	62
FIGURA 34 -	Gráfico gerado pela cronoanálise do processo de produção modificado	62
FIGURA 35 -	Ganho de área	63
FIGURA 36 -	Estoque de componentes	63

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 -	Sistema de produção tradicional (produção em lotes)	39
TABELA 2 -	Tabela <i>heijunka</i>	39
TABELA 3 -	Regras para utilização da ferramenta <i>kanban</i>	42
TABELA 4 -	Cálculo do <i>takt time</i>	46
TABELA 5 -	Padronização do procedimento de <i>set up</i> rápido de injeção	54

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

LER	Lesões por Esforços Repetitivos
CQT	Controle de Qualidade Total
EI	Engenharia Industrial
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> (Manutenção Produtiva Total)
PCP	Planejamento e Controle da Produção
TS	Tempo Significativo
TN	Tempo Normal
TP	Tempo Padrão
WIP	<i>Work in process</i> (Material em processo)
FIFO	<i>First In First Out</i> (Primeiro a Entrar Primeiro a Sair)
FIO	Folha de Instrução de Processo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.1 OBJETIVO.....	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1 SETE TIPOS DE DESPERDÍCIOS	14
2.1.1 Excesso de Produção	14
2.1.2 Tempo de espera	15
2.1.3 Excesso de transporte	15
2.1.4 Excesso de processos	16
2.1.5 Excesso de movimentação	16
2.1.6 Retrabalho	17
2.1.7 Excesso de estoque	17
2.2 SEGUNDA GUERRA MUNDIAL.....	18
2.3 <i>JUST IN TIME</i>	18
2.4 AUTONOMAÇÃO	20
2.4.1 Poka yoke de processos	20
2.4.2 Poka yoke de produto	21
2.5 PARADA DE LINHA.....	22
2.6 PÓS GUERRA.....	22
2.7 MULTI PROCESSO / MULTI MÁQUINA.....	23
2.8 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL	24
2.9 FIM DA DISPUTA ENTRE A TOYOTA E o sindicato	25
2.10 FLUXO DE UMA PEÇA	26
2.11 QUEBRA DE PARADIGMAS	27
2.12 ANÁLISE DE CAUSA RAIZ DO PROBLEMA.....	27
2.13 TRABALHO PADRONIZADO.....	29
2.14 ESTUDO DE TEMPOS E CRONOANALISE.....	30
2.14.1 Estudo da mãos	30
2.14.2 Princípio de economia das mãos	30
2.14.3 Execução do estudo de tempos	31
2.15 GESTÃO À VISTA	33
2.16 TRABALHO EM EQUIPE.....	34
2.17 KANBAN.....	35
2.18 <i>HEIJUNKA</i>	38

2.19 <i>SET UP RÁPIDO</i>	40
2.20 A IMPLANTAÇÃO DO <i>KANBAN</i> NOS FORNECEDORES.....	41
2.21 <i>FIFO</i>	42
2.22 <i>KAIZEN</i>	42
2.23 5 “S”	43
2.23.1 Separação	44
2.23.2 Arrumação	44
2.23.3 Limpeza com inspeção	44
2.23.4 Padronização	44
2.23.5 Disciplina	44
2.24 <i>TAKT TIME</i>	45
3 JUSTIFICATIVA.....	47
4 MÉTODO.....	48
5 DESENVOLVIMENTO	49
5.1 INJEÇÃO DE COMPONENTES.....	49
5.2 MONTAGEM FINAL DE LANTERNAS.....	55
5.3 RESULTADOS	64
6 CONCLUSÃO	65
7 REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

1.1 OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho de pesquisa é mostrar a aplicação das ferramentas de produção enxuta em uma indústria de iluminação veicular para a redução dos desperdícios e a obtenção de uma maior produtividade nos processos de montagem de lanternas automotivas.

1.2 JUSTIFICATIVA

Grande parte dos processos de produção das indústrias automotivas são criados e implantados na fábrica com uma meta pré estabelecida no início de seu desenvolvimento, quando esta meta é alcançada no inicio da produção, muitas empresas julgam que o processo de produção é capaz de produzir o que foi previamente estabelecido e se satisfazem com o resultado obtido, mas em muitos casos, os processos de produção são criados e implantados com desperdícios que fazem com que este processo seja menos eficiente do que poderia ser.

Este presente trabalho demonstra o caso de um processo de produção de uma lanterna automotiva com desperdícios em sua implantação, capaz de produzir o que foi previamente estabelecido em seu desenvolvimento e através da aplicação das ferramentas do Sistema Toyota de Produção, foi possível eliminar os desperdícios e obter um processo mais eficiente e uma maior margem de lucro para a empresa sobre o produto manufaturado.

Além do estudo de caso da redução do tempo de *set up* de uma máquina injetora de componentes plásticos e a eliminação de desperdícios de uma célula de montagem de uma lanterna automotiva, este trabalho define os conceitos das ferramentas utilizadas pelo Sistema Toyota de Produção: Sete tipos de desperdícios, *Just in time*, *Poka yoke*, Parada de linha, Multi processo / Multi máquina, Manutenção produtiva total, Fluxo de uma peça, Análise de causa raiz do problema, Trabalho padronizado, Gestão à vista, Trabalho em equipe, *Kanban*, *Heijunka*, *Set up* rápido, *FIFO*, *Kaizen*, 5“S” e *Takt time*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SETE TIPOS DE DESPERDÍCIOS

Segundo a empresa MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012), todos os desperdícios que ocorrem em uma empresa podem ser classificados em sete tipos. Estes desperdícios principalmente ocorrem devido as atividades e operações que não agregam valor ao produto. O que significa agregar valor ou não agregar valor ao produto? Agregar valor ao produto é toda atividade que afeta a percepção de valor do ponto de vista do cliente.

Deve-se estudar cada fase do processo produtivo, identificar os possíveis desperdícios e eliminá-los progressivamente, todo tipo de desperdício é uma oportunidade de aumentar a rentabilidade de uma empresa.

2.1.1 Excesso de Produção

Segundo a empresa MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012), deve-se produzir somente o que os clientes necessitam, na quantidade, qualidade e prazos estabelecidos. Todo o excesso de produção é desperdício, pois gasta-se os recursos que poderiam ser utilizados na fabricação de outros produtos, aumenta-se a quantidade de peças em estoque, desperdiça-se espaço, tempo de máquina, mão de obra, ferramental, embalagem, etc.



Figura 1 – Excesso de produção

FONTE: MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012)

2.1.2 Tempo de espera

Segundo a empresa MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012), pode-se facilmente perceber este tipo de desperdício quando observa-se um operador parado esperando pelo término do ciclo de uma máquina, por uma manutenção ou mesmo aguardando componentes.



Figura 2 – Tempo de espera

FONTE: MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012)

2.1.3 Excesso de transporte

Segundo a empresa MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012), entende-se que toda vez que um material é transportado de um lado para o outro, seja dentro de um mesmo setor, de uma máquina para outra, ou de um setor para o outro, está ocorrendo o desperdício de transporte, que deve sempre ser reduzido ao máximo, pois a mão de obra utilizada no transporte não está agregando valor ao produto. Uma esteira, calha ou até mesmo a aproximação das máquinas podem eliminar a atividade de transporte e o operador que executa a atividade de transporte pode executar outra atividade.



Figura 3 – Excesso de transporte

FONTE: MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012)

2.1.4 Excesso de processos

Segundo a empresa MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012), toda vez que um material é processado durante um tempo maior do que o necessário ou quando executa-se uma operação desnecessária, ocorre o desperdício de processo. Um bom exemplo é embalar e desembalar a mesma peça durante o processo, o tempo gasto para embalar e desembalar o produto não agrega valor ao produto.



Figura 4 – Excesso de processos

FONTE: MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012)

2.1.5 Excesso de movimentação

Segundo a empresa MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012), o desperdício de movimentos refere-se aos movimentos desnecessário que uma pessoa realiza para que um processo seja realizado. Uma das maneiras de eliminar os movimentos desnecessários é a aproximação dos materiais no posto de trabalho. O benefício não será apenas um aumento de produção, mas também haverá uma diminuição de LER (Lesões por Esforços Repetitivos), além de diminuir a fadiga que é considerada nas tolerâncias de cronoanálise, pois o desgaste para executar uma atividade será menor se os componentes necessários para um operador executar uma atividade estiver próximo ao seu corpo.



Figura 5 – Excesso de movimentos

FONTE: MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012)

2.1.6 Retrabalho

Segundo a empresa MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012), qualquer reparo ou retrabalho é considerado desperdício. Cada peça retrabalhada tem um custo maior de mão de obra agregada, e em alguns casos a adição de materiais. Estes custos afetam diretamente na margem de lucro da empresa, pois não podem ser repassados aos clientes, mesmo reintroduzindo a peça na linha de montagem o desperdício acontece.



Figura 6 – Retrabalho

FONTE: MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012)

2.1.7 Excesso de estoque

Segundo a empresa MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012), utilizar material (matéria prima, material em processo ou produto acabado), além da quantidade necessária para atender o pedido do cliente, deve ser visto como desperdício, devendo ser reduzido ou eliminado. Qualquer estoque desnecessário é “dinheiro parado”, além disso, estoques em excesso podem esconder problemas de qualidade, manutenção, *set up*, entre outros, que só serão vistos e percebidos com a diminuição deste estoque.



Figura 7 – Excesso de estoques

FONTE: MTU Consultoria Assessoria e Gestão (2012)

2.2 SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

Segundo Ohno (1988), imitar os Estados Unidos não foi sempre ruim, pois os Estados Unidos criaram maravilhosas técnicas gerenciais como o Controle de Qualidade Total (CQT) e métodos de Engenharia Industrial (EI), os japoneses importavam estas técnicas e colocavam em prática, nunca se esquecendo que foram criadas pelos esforços americanos. Em 1945, os japoneses perderam a segunda guerra mundial, esta data marcou o começo do Sistema Toyota de Produção, onde o atual presidente da Toyota Motor Company da época, Toyoda Kiichiro (1899-1952) estabeleceu a meta que os japoneses deveriam alcançar os Estados Unidos em um prazo de três anos após a guerra terminar, para isto era necessário conhecer detalhadamente como os americanos produziam seus veículos. Era dito na época que a razão entre trabalhadores alemães e americanos era de um para três e que os alemães eram capazes de produzir três vezes mais que os japoneses, ou seja, para cada trabalhador americano eram necessários nove trabalhadores japoneses para realizar a mesma atividade, os desperdícios realizados pelas empresas japonesas deveriam ser eliminados completamente para que as metas estabelecidas pelo presidente da Toyota pudessem ser alcançadas.

Segundo Ohno (1988), a base do Sistema Toyota de Produção foi estabelecida na absoluta eliminação de desperdícios, sendo dividido em ferramentas que pudessem alcançar os objetivos de produzir pequenos lotes de produção em um processo flexível, as ferramentas foram criadas pela necessidade gerada pelo novo sistema de produção estabelecido, transformando a ferramenta *just in time* em uma das bases do Sistema Toyota de Produção.

2.3 JUST IN TIME

Segundo Freire (2012), *just in time* significa que os componentes necessários para a produção de um produto devem ser abastecidos na linha ou células de montagem somente quando necessários e em quantidades necessárias. Uma empresa que consiga estabelecer o *just in time* integralmente, consequentemente conseguirá zerar seus estoques de componentes e matéria prima. Considerando que automóveis são manufaturados com milhares de componentes, torna-se extremamente complicada a aplicação da ferramenta *just in time* de maneira ordenada, pois se um componente for abastecido com defeito, se houver um erro de identificação de componente, se houver necessidade de retrabalho no componente ou se houver algum tipo de falha nas máquinas, a linha de produção irá parar, por outro lado, utilizando um estoque alto de componentes nas linhas de montagem, os problemas que

ocorrem em uma produção são escondidos e estes problemas não são resolvidos. Como fornecer a quantidade exata de um determinado componente no momento certo para uma determinada operação?

Segundo Ohno (1988), a Toyota resolveu pensar de maneira invertida. No sistema tradicional a matéria prima é transformada em componentes que são fornecidos para as operações posteriores transformá-los em conjuntos de peças montadas, que por sua vez são fornecidos para as operações posteriores até a direção da montagem final do veículo, desta forma os materiais avançam dos processos iniciais para os processos finais (sistema de produção empurrado). Para que o *just in time* pudesse ocorrer, o sistema de produção deveria ser realizado pensando de maneira inversa, onde uma operação final vai até uma operação anterior buscar os componentes necessários, no momento necessário e na quantidade necessária, sendo assim, as operações anteriores devem sempre produzir apenas o necessário, onde esta comunicação entre as áreas deve ser feita de forma coordenada.

Segundo Ohno (1988), a Toyota inverteu o tradicional sistema de produção empurrado pelo sistema de produção puxado. A ordem de produção vai para o final da montagem de veículos, indicando a quantidade e modelo de veículos necessários, esta por sua vez requisitará os componentes necessários para as operações anteriores, que requisitará a matéria-prima necessária para a operação anterior através de um sistema *kanban* de comunicação entre as áreas.

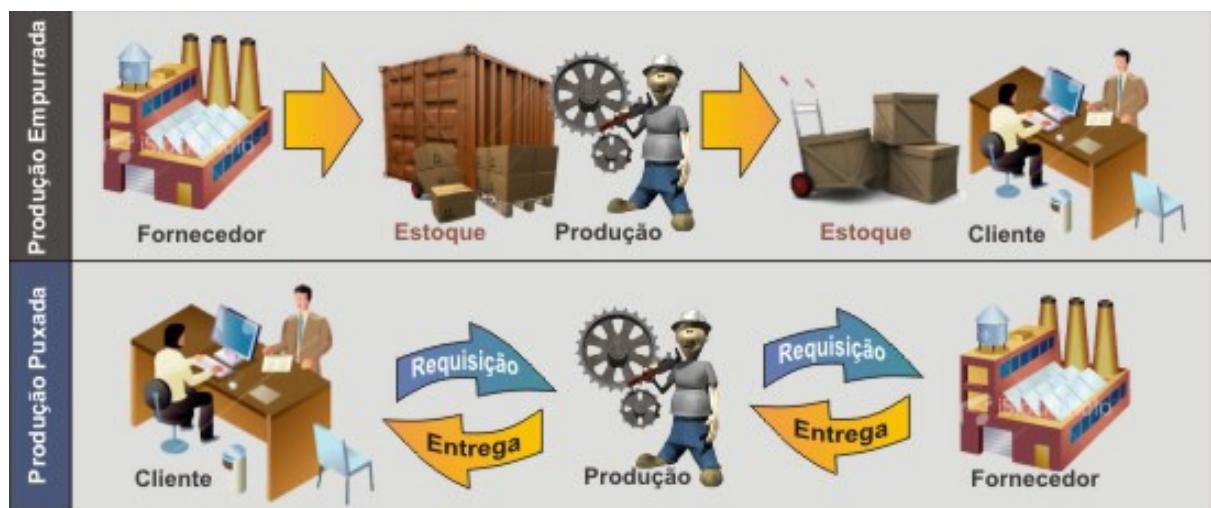


Figura 8 – Sistema de produção puxado x Sistema de produção empurrado

FONTE: Freire (2011)

2.4 AUTONOMAÇÃO

Segundo Ohno (1988), a autonomação significa dar inteligência às máquinas. Outra base do Sistema Toyota de Produção é a autonomação, esta por sua vez não pode ser confundida com a automação. Muitas máquinas podem produzir automaticamente ao serem ligadas nas tomadas, mas se algo comprometer o funcionamento da máquina ou se algo externo interferir no processo, esta máquina, por sua vez, irá produzir uma alta quantidade de componentes defeituosos, o que irá impactar no abastecimento *just in time* da próxima operação.

A autonomação consiste em uma máquina poder parar de produzir sempre que um defeito ou uma falha for detectado pela máquina. Desta maneira produtos defeituosos não são produzidos. A Toyota adotou a idéia que a máquina automatizada com um toque humano é aquela que possui um dispositivo para parada automática.

2.4.1 *Poka yoke de processos*

Segundo Shimbun (1987), a ferramenta *poka yoke* consiste de dispositivos construídos com o objetivo de impedir falhas ou evitar que peças defeituosas sejam montadas e enviadas para o processo seguinte, podendo ser classificada em dois tipos:

- a) *poka yoke* de processos;
- b) *poka yoke* de produto.

Os dois tipos de *poka yoke* possuem a mesma finalidade, impedir a fabricação e montagem de produtos defeituosos. A diferença entre eles é que o *poka yoke* de processos é a implantação de algum dispositivo mecânico ou eletrônico que é colocado em uma máquina para impedir a montagem de produtos defeituosos e o *poka yoke* de produto é incorporado ao produto no momento de seu projeto para impedir esta montagem incorreta.

De acordo com a empresa *Advanced Consulting & Training* (2011), um exemplo de *poka yoke* de processos pode ser uma esteira de transporte de peças para alimentação automática de uma máquina, onde uma peça pode ser colocada em posição errada, causando sérios problemas para a produção. A instalação de uma barreira vazada que permita a passagem apenas das peças colocadas na posição correta evitaria esse problema. A peça fora de posição forçaria a barreira que giraria e expulsaria a peça do sistema de transporte.

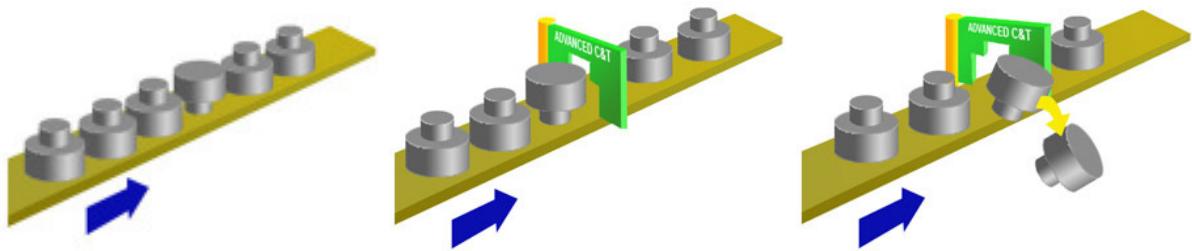


Figura 9 – **Poka yoke de processos**

FONTE: Advanced Consulting & Training (2011)

2.4.2 Poka yoke de produto

De acordo com a empresa 4 Lean (2011), um exemplo de *poka yoke* de produto pode ser a inclusão de pinos em uma Base de um produto para impedir que uma Bucha seja montada de maneira invertida. O projeto do produto deve implantar o maior número de *poka yoke* possíveis, desta maneira, impede-se que produtos defeituosos sejam produzidos pela manufatura.

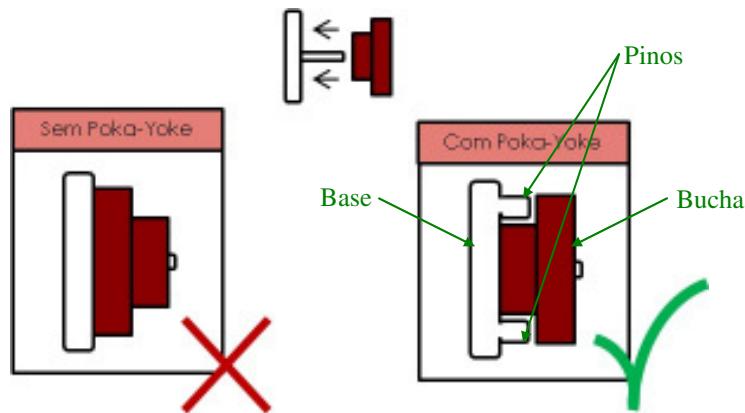


Figura 10 – **Poka yoke de produto**

FONTE: 4 Lean (2011)

Através do *poka yoke* pode-se obter:

- melhor qualidade do produto;
- melhor segurança;
- garantia de montagem correta de todas as peças;
- prevenção de falha humana.

Ao implantar o conceito *poka yoke*, deve-se ter em mente os seguintes conceitos:

- a) não receber defeitos;
- b) não fazer defeitos;

Os *poka yokes* devem ser elaborados utilizando-se de criatividade, geralmente com baixo custo de produção e devem estar em funcionamento constante.

Segundo Ohno (1988), no Sistema Toyota de Produção, o operador deve cuidar de diversas máquinas e ficar atento para quando ocorrer alguma parada por defeito da máquina ou por fator externo, desta maneira, toda vez que uma máquina pare de funcionar, o supervisor de operações deverá ser chamado. Parar a máquina quando ocorre uma anormalidade, obriga que todos os envolvidos tomem ciência do fato, fazendo uma análise do ocorrido para chegar em uma solução do problema, para que o mesmo não volte a acontecer. Desta maneira, foi estabelecida a ferramenta de parada de linha.

2.5 PARADA DE LINHA

Segundo Moreto (1999), a ferramenta parada de linha talvez seja o conceito mais voltado à mudança de atitudes de todos os funcionários, pois dá a cada membro do time a autoridade para parar a produção imediatamente toda vez que ocorrer uma não conformidade:

- a) encontrar uma quantidade definida de peças defeituosas;
- b) atrasar o abastecimento de componentes para a produção;
- c) identificar problemas de segurança;
- d) ocorrer problemas em máquina ou nos postos de trabalho.

É importante garantir a autoridade do operador da máquina para que os problemas possam ser resolvidos de forma instantânea. A parada de linha, se bem aplicada, reduz a quantidade de material refugado e a possibilidade de acidente na célula de montagem.

2.6 PÓS GUERRA

Segundo Ohno (1988), as indústrias automotivas nos anos pós guerra sofreram momentos difíceis, a produção de automóveis no ano de 1949 foi de exatos 1008 carros de passeio, a meta estabelecida pelo presidente da Toyota de alcançar os Estados Unidos em três

anos repercutia na fábrica, onde os funcionários estavam empenhados em alcançá-la, porém estavam trabalhando de maneira desorganizada. Naquela época, Taiichi Ohno era o encarregado da produção da Toyota. Nas fábricas americanas cada operador operava uma máquina, onde eram adotados *layouts* funcionais, onde cada tipo de máquina ficava localizada em locais separados. Várias máquinas de usinagem foram agrupadas em setores, ou seja, existiam setores de tornos, fresas, etc. Assim que uma peça era torneada, ela era levada para o setor de fresa para efetuar sua operação. Era proibido pelos sindicatos que um torneiro operasse uma máquina de fresa. A saída encontrada pelos americanos foi a compra de máquinas grandes, caras e velozes, capazes de produzir em larga escala.

Segundo Ohno (1988), na década de 1950, com a guerra na Coréia, a indústria automotiva demonstrou inícios de recuperação, mas naquele momento iniciou-se uma disputa com o sindicato por uma redução de operadores na fábrica, ocasionando greves e consequentemente na renúncia do então presidente da Toyota, Toyoda Kiichiro. A guerra da Coréia demandava a produção de veículos, mas a produção não era alta e não podia ser considerada de larga escala, pois a necessidade era de algumas unidades de diferentes modelos. Taiichi Ohno assumiu a gerencia da fábrica da Toyota e decidiu fazer alguns experimentos, agrupando vários tipos de máquinas em um mesmo local, adotando um formato de *layout* em "L", onde um único operador tomava conta de três máquinas diferentes. Houve uma alta resistência por parte dos operadores, pois ele deixava de ser responsável por uma única máquina para ser responsável por vários tipos de máquinas, esta ferramenta denominou-se multi processo / multi máquina.

2.7 MULTI PROCESSO / MULTI MÁQUINA

Segundo Freire (2011), em um típico conceito multi processo / multi máquina, o operador caminha de uma máquina a outra, pegando a peça terminada do posto de trabalho anterior e abastecendo o posto de trabalho posterior, desta maneira, é possível reduzir os desperdícios de movimentação do operador e certas tarefas podem ser combinadas, o que possibilita trabalhar em uma célula de trabalho com o número de pessoas conforme o pedido de produtos realizado pelo cliente para aquele dia, isto reduz consideravelmente o número de *set up* por dia.

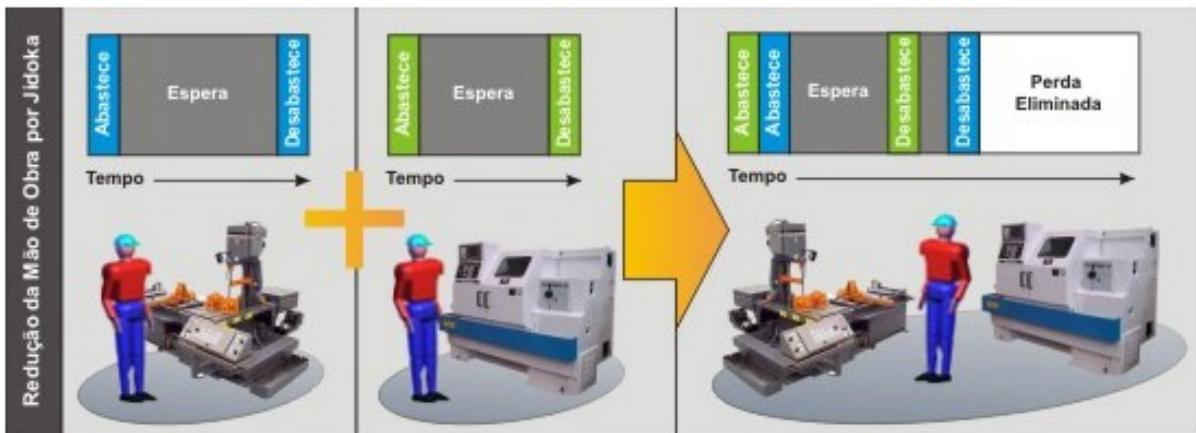


Figura 11 – Multi processo / multi máquina

FONTE: Freire (2011)

A implantação da ferramenta Multi Processo / multi máquina gera dificuldades para um operador efetuar regulagens em uma máquina que ele não está treinado a operar. Com o passar do tempo, Taiichi Ohno conseguiu aprimorar esta ferramenta e os operadores se acostumaram com o novo método de trabalho, que incluía a responsabilidade de manutenção da própria máquina que o operador trabalhava e esta ferramenta denominou-se *Total Productive Maintenance* (TPM).

2.8 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

Segundo Moreto (1999), TPM é um programa de manutenção preventiva e uma sistemática que envolve os funcionários de todos os níveis, a fim de alcançar a máxima segurança, produtividade e qualidade, eliminando paradas de máquinas não programadas. Este programa visa reduzir quebras de máquinas, custo de reparos, e gastos com peças em estoque. A teoria é simples: quem melhor para consertar algo é a pessoa que mais tem contato com a situação? Quem trabalha diariamente com a máquina, é quem está familiarizado com as peculiaridades e operações da máquina, mais do que qualquer outra pessoa da fábrica.

Segundo Moreto (1999), o treinamento apropriado permite ao operador da máquina utilizar sua experiência para resolver pequenos reparos que ocorrem no dia a dia. Isto é muito mais prático e rápido do que ter paradas de máquinas freqüentes, aguardando por um técnico para fazer pequenos reparos. Isto não significa que todas as pessoas precisam ser um especialista em manutenção, os problemas mais complexos continuam sendo solucionados

pelo técnico da área. Algumas ferramentas, tais como: chaves de fenda, chaves *allen*, *philips*, etc., ajudarão o operador da máquina a resolver pequenos problemas.

Quando uma máquina pára, a produção é prejudicada, por isso existe a responsabilidade de controlar esta situação. Com a ferramenta TPM, existe um maior controle sobre a situação, maior satisfação pessoal e do cliente.

2.9 FIM DA DISPUTA ENTRE A TOYOTA E O SINDICATO

Segundo Ohno (1988), com o fim da disputa entre a fábrica e o sindicato, e a demanda de automóveis estar crescendo, o ritmo de produção na Toyota tornou-se agitado, pois os fornecedores de componentes não tinham capacidade de fornecimento, fazendo com que a montagem de veículos fossem realizadas apenas nos últimos 15 dias de cada mês, pois nos primeiros 15 dias a Toyota estava recebendo os componentes de maneira intermitente de seus fornecedores. Era necessário definir um fluxo de produção e manter o abastecimento constante.

Segundo Ohno (1988), todas as alterações realizadas durante a implantação do Sistema Toyota de Produção, deu-se devido à necessidade. Ao observar o processo antigo de produção (sistema empurrado), Taiichi Ohno verificou que toda produção ficava estocada antes da última operação, isso porque nem sempre o que era produzido tinha um pedido para se transformar em um veículo montado. Desta maneira, toda vez que um operador do posto de trabalho final precisava montar um veículo, ele perdia muito tempo procurando as peças, deixando de exercer sua função principal dentro da empresa, que era produzir. Na inversão da produção empurrada para a produção puxada, o desperdício de excesso de produção foi eliminado, acabando com os estoques. Com a necessidade da mudança de *layout* e o agrupamento de diferentes máquinas, o estoque intermediário também foi eliminado. Com isso, os operadores deixavam de ser operadores especialistas para se tornarem operadores multifuncionais, sendo capazes de operar diversas máquinas. Deu-se início a implantação da ferramenta fluxo de uma peça.

2.10 FLUXO DE UMA PEÇA

Segundo Moreto (1999), uma alternativa para eliminar os desperdícios em uma célula de montagem é substituir o tradicional sistema de produção em lote para o sistema conhecido como fluxo de uma peça. No processo tradicional o importante é produzir o maior número de peças, o mais rápido possível. Com a ferramenta fluxo de uma peça, o trabalho é dividido de maneira que ocorra o movimento de uma única peça acompanhada pelo operador entre cada posto de trabalho. Se houver apenas uma peça em cada posto de trabalho, o material em processo da célula é imediatamente mantido no mínimo, eliminando o desperdício de estoque intermediário.

O *layout* mais utilizado é a disposição da célula em forma de “U”, pois este diminui o desperdício de movimentação.

Segundo Moreto (1999), no sistema convencional de produção, os operadores permanecem parados nos seus postos de trabalho, assim que suas atividades são finalizadas, ele movimenta o produto para a próxima operação, para outro operador realizar as atividades daquele posto de trabalho. No sistema de fluxo de uma peça, ao terminar suas atividades em um posto de trabalho, o operador se desloca juntamente com o produto para o próximo posto de trabalho para realizar as atividades daquele posto, com a ferramenta:

- a) elimina-se o material em processo, pois o operador segue com o produto na mão até o final da montagem;
- b) diminui-se a possibilidade de riscos e sujeira no produto, pois as peças não ficam amontoadas em estoque intermediário entre os postos de trabalho;
- c) aumenta-se a responsabilidade do operador referente a qualidade, diminuindo o desperdício de retrabalho, pois ao montar o produto completamente, o operador não irá passar defeitos para a próxima operação;
- d) elimina-se desperdícios de processo, pois o operador não posiciona o produto em estoque intermediário, onde o próximo operador irá retirar o produto deste mesmo estoque;
- e) flexibiliza-se a célula, podendo ser utilizado a quantidade necessária de operadores para a produção do produto naquele dia, permitindo assim, diminuir consideravelmente a quantidade de *set up* de célula;
- f) melhora-se o balanceamento da célula, aumentando-se a produtividade.

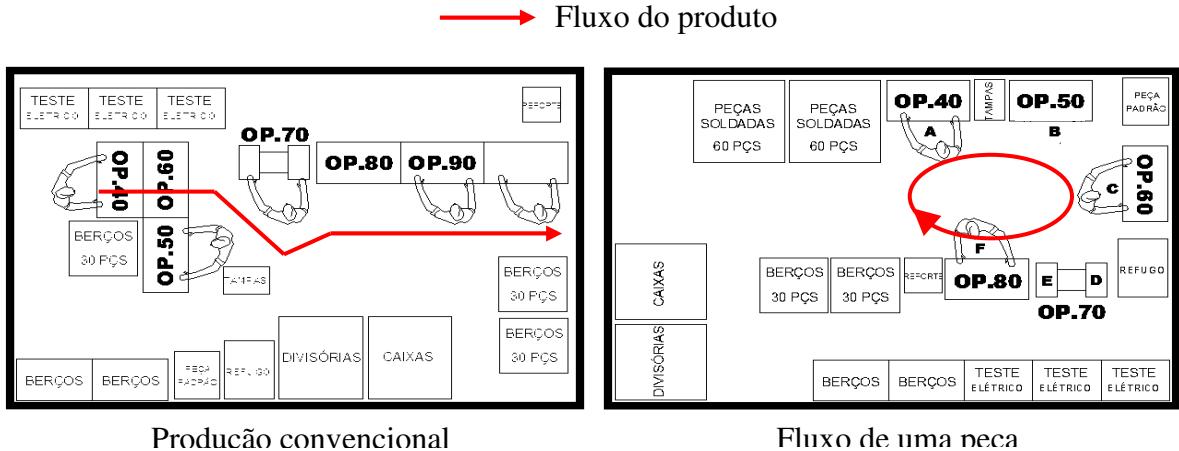


Figura 12 – Produção convencional x fluxo de uma peça de uma célula de montagem

FONTE: O autor (2011)

2.11 QUEBRA DE PARADIGMAS

Segundo Ohno (1988), o Sistema Toyota de Produção consistiu na obsessão de quebrar paradigmas, onde a cultura oriental tem o constante hábito da pergunta “por quê?”.

Exemplos:

- Por que um operador de máquina nos Estados Unidos opera apenas uma máquina enquanto um operador de uma tecelagem do Japão opera de 40 a 50 máquinas?
- Por que são feitos estoques, ao invés da ferramenta *just in time*?
- Por que não existia um nivelamento da produção?
- Por que os operadores desperdiçavam tempo procurando componentes ao invés de produzir?
- Por que o sistema de produção era empurrado ao invés de puxado?

Com o hábito de se perguntar os por quês, foi criada a ferramenta de análise de causa raiz de um determinado problema através dos “5 por quês.”.

2.12 ANÁLISE DE CAUSA RAIZ DO PROBLEMA

Segundo a Toyota Institute (2005), análise de causa raiz é um método que auxilia a chegar na verdadeira raiz do problema, não ocorrendo o risco de encontrar uma falsa causa, o que resultará em uma tomada de ação incorreta para a solução deste problema, tendo como

consequência a repetição deste mesmo problema algum tempo depois. Esta ferramenta parece fácil de ser aplicada e extremamente lógica, mas constantemente problemas são solucionados incorretamente porque a ferramenta não é aplicada corretamente.

Segundo exemplo de segundo Ohno (1988):

Ao enfrentar um problema, alguma vez você parou e perguntou por quê cinco vezes? É difícil fazê-lo, mesmo que pareça fácil. Suponha por exemplo que uma máquina parou de funcionar.

1. Por que a máquina parou?

Porque houve uma sobrecarga e o fusível queimou.

2. Porque houve uma sobrecarga?

Porque o mancal não estava suficientemente lubrificado.

3. Por que o mancal não estava lubrificado?

Porque a bomba de lubrificação não estava bombeando suficientemente.

4. Por que não estava bombeando suficientemente?

Porque o eixo da bomba estava gasto e vibrando.

5. Por que o eixo estava gasto?

Porque não havia uma tela acoplada e entrava limalha.

Repetindo a palavra por quê cinco vezes, pode ajudar a descobrir a raiz do problema e corrigi-lo. Se este procedimento não tivesse sido realizado, possivelmente ter-se-ia apenas substituído o fusível ou o eixo da bomba. Nesse caso, o problema reapareceria dentro de poucos meses.

Segundo a Toyota Institute (2005), é importante dirigir os “5 por quês?” sempre aos processos ou problemas, jamais contra pessoas, pois achar um culpado para um problema, provavelmente não irá impedir que o problema ocorra novamente.

Segundo Ohno (1988), com a guerra em andamento, muitos trabalhadores especializados e treinados da Toyota estavam sendo enviados para o campo de batalha e com isto, toda a experiência no chão de fábrica estava sendo perdida. As máquinas estavam sendo operadas por operadores inexperientes, o que gerou a necessidade de se implantar a ferramenta de trabalho padronizado.

2.13 TRABALHO PADRONIZADO

Segundo a empresa Setec Consulting Group (2010), trabalho padronizado é o processo de documentar detalhadamente todos os passos necessários de um determinado trabalho, para que o mesmo seja executado da mesma maneira em qualquer turno de trabalho, por qualquer pessoa, garantindo desta forma a qualidade do produto, a segurança, a eliminação de movimentos desnecessários e um melhor treinamento da pessoa envolvida no trabalho.

Alguns documentos normalmente utilizados para a padronização são:

- a) Folha de Instrução de Operação (FIO): este documento registra com detalhes passo a passo o que deve ser feito em cada posto de trabalho, quais os componentes devem ser utilizados, as quantidades dos componentes, o tempo necessário para realizar a operação, etc.
- b) Mapofluxograma: este documento mostra o *layout* da célula considerando a seqüência de atividade necessária para produzir o produto.

Segundo a empresa Setec Consulting Group (2010), além dos documentos que indicam o processo exato para montar um produto, deve-se padronizar o posto de trabalho, onde se deve ter “um lugar para cada coisa e cada coisa em seu lugar”. Apenas desta maneira será possível que seja evitado o desperdício de excesso de processo e excesso de movimentos por parte do operador. Com o trabalho padronizado, os métodos tornam-se mais práticos, disciplinados e eficazes de realizar as tarefas. Se no futuro alguém descobrir uma maneira mais eficaz de realizar esta tarefa, deve-se contatar a engenharia, a fim de alterar toda a documentação e transmitir para todos os departamentos envolvidos o novo procedimento de trabalho. Todo trabalho padronizado deve conter informações como a sequência de operações que o operador deve seguir e o tempo de ciclo de cada operação. É muito importante que os operadores saibam qual o tempo necessário de cada operação, ele poderá saber quais as quantidades de peças que ele tem a capacidade de produzir por hora.

Segundo Ohno (1988), a folha de trabalho padronizado deve ser escrita no chão de fábrica, deve ser testada várias vezes e feitas as correções necessárias até que a mesma represente fielmente o trabalho que está sendo realizado na produção. Muitos engenheiros tem o costume de fazê-las em seus escritórios, o que gera uma discrepância entre o que foi imaginado no momento da elaboração da folha padronizada e a real necessidade dos operadores. Segundo a visão da Toyota, o principal departamento de uma montadora de veículos é a produção, pois é lá que tudo acontece, é lá que todas as reais informações

aparecem e é lá que o procedimento que irá determinar e informar de maneira clara como os operadores devem realizar seus trabalhos devem estar, sempre escrita de forma clara onde qualquer pessoa que opere aquele posto de trabalho possa entender.

2.14 ESTUDO DE TEMPOS E CRONOANÁLISE

Segundo Manfredini (2000), estudo de tempo é o estudo realizado pela engenharia e empregado na determinação do tempo necessário para que uma pessoa bem treinada e qualificada, trabalhando num ritmo normal leva para executar uma tarefa especificada ou um ciclo produtivo.

2.14.1 Estudo da mãos

Segundo Manfredini (2000), estudo das mãos é o estudo empregado na análise individual dos movimentos de cada uma das mãos do operador. Utilizando para um melhor desenvolvimento do trabalhador, eliminando todos os movimentos desnecessários e dispondo os movimentos restantes da melhor maneira possível.

A maior parte das tarefas é feita com as duas mãos e todo o trabalho manual consiste em um número relativamente reduzido de movimentos fundamentais que se repetem e se combinam. Frank Gilbreth foi o criador da análise do trabalho, subdividindo-as em elementos básicos. Ele criou a palavra “THERBLIG” a fim de ter uma palavra curta, que servisse de referência para qualquer uma das 17 subdivisões elementares de um ciclo de movimentos. Existem 17 movimentos realizados por uma pessoa. Exemplo: Pegar, largar, encaixar, etc.

2.14.2 Princípio de economia das mãos

Segundo Maynard (1970), o princípio de economia das mãos deve seguir as seguintes regras:

- a) os movimentos das duas mãos devem iniciar e terminar no mesmo instante;
- b) as duas mãos não devem permanecer inativas num mesmo instante, exceto nos intervalos e nos períodos de descanso;
- c) os movimentos dos braços devem ser executados em direções opostas e simétricas e efetuados ao mesmo instante.

Exemplo: seguindo o princípio do estudo das mãos, tentar fazer os desenhos da figura 13 com as duas mãos ao mesmo instante. Pegar duas canetas, uma com a mão direita e a outra com a mão esquerda, fazer simultaneamente os desenhos número 1, depois o número 2 e finalmente o número 3.

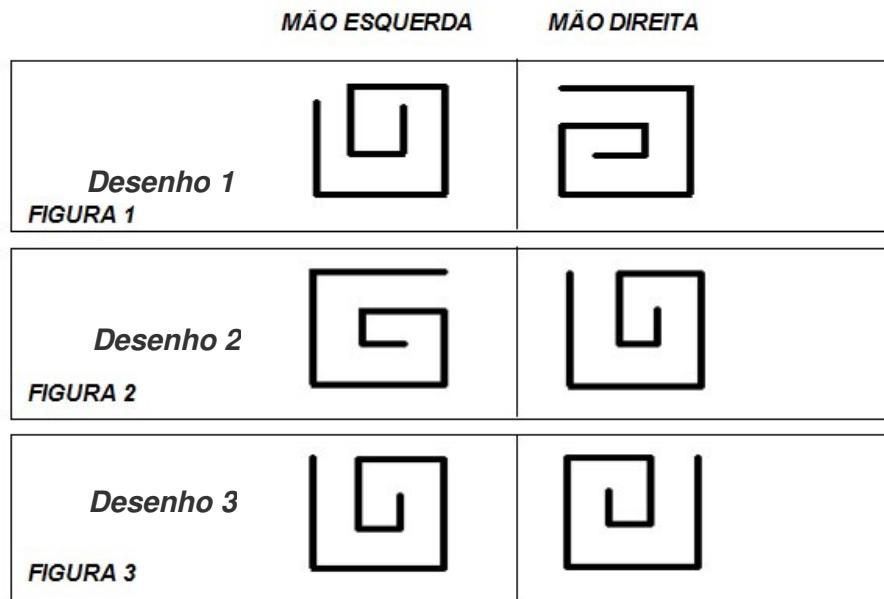


Figura 13 – Princípio de economia das mãos

FONTE: Maynard (1970)

Segundo Maynard (1970), percebe-se facilmente que o desenho 3 é mais fácil de desenhar, pois obedece à regra “c” do princípio de economia das mãos, as figuras são simétricas e a mente pensa apenas uma vez para as duas mãos, o que não acontece nas outras figuras. Os postos de trabalho devem ser projetados de modo que as mãos trabalhem simultaneamente e simetricamente, conseguimos que o operador trabalhe “sem pensar”, o que ocasiona um aumento na qualidade do produto e eficiência do operador.

2.14.3 Execução do estudo de tempos

Segundo Manfredini (2000), dependendo do tipo de operação, o procedimento a ser seguido na execução do estudo de tempos pode variar, porém, o procedimento usualmente empregado é:

- obter e registrar todas as informações possíveis sobre a operação e o operador em estudo;

- b) dividir a operação em elementos e registrar para cada um deles a descrição completa do método;
- c) observar e cronometrar o tempo gasto em cada um dos elementos da operação, cronometrando apenas operadores treinados e qualificados para realizar a operação, após efetuar um certo número de cronometragens, nota-se que ocorrem pequenas variações nos tempos cronometrados de peça para peça, essas variações ocorrem devido a diversos fatores, como por exemplo: a posição das peças e ferramentas, a atenção do operador, a fadiga do operador, a leituras efetuadas pelo cronometrista. Para que o resultado das cronometragens seja representativo, deve-se efetuar um certo número de cronometragens, ou seja, quanto maior o número de cronometragens , tanto mais representativos serão os resultados obtidos.
- d) determinar o tempo significativo (TS) de cada elemento da produção, após efetuar as cronometragens, é feita a média dos tempos acima cronometrados;
- e) determinar o número de ciclos a serem cronometrados, utilizando um nível de confiança de 95% e um erro relativo de 5%, deriva-se o desvio padrão e chega-se a uma fórmula para saber se o tempo significativo (TS) acima descrito é confiável;
- f) avaliar o ritmo do operador, avaliando a velocidade do operador durante a execução de um trabalho. É comum em uma empresa que vários operadores executem a mesma tarefa, utilizando o mesmo método de trabalho padronizado, entretanto, as suas diferenças pessoais como por exemplo: habilidade, capacitação, experiência, etc., não permitem que estas tarefas sejam executadas num mesmo tempo. Sendo assim, existe a necessidade de avaliar o ritmo do operador. Exemplo: andar num plano a uma velocidade de 5 km/h corresponde a um ritmo normal para um ser humano, ou seja, 100%. Os ritmo variam de 75% a 150% e ficam a critério do analista julgá-lo;
- g) determinar o tempo normal de cada elemento da operação, o operador escolhido pode ser abaixo ou acima da média, ou seja, rápido ou lento, portanto, não podemos utilizar estes tempos para a padronização. Através da avaliação do ritmo é possível corrigir o tempo da média dos operadores. O tempo assim obtido é tempo normal (TN), ou seja, o tempo que qualquer operador qualificado e treinado, trabalhando normalmente leva para executar uma tarefa especificada;
- h) determinar as tolerâncias, é necessário determinar quais interrupções devem ser consideradas, e estabelecer para cada uma delas a tolerância adequada, isto porque nas

cronometragens efetuadas, estas interrupções não foram incluídas. As interrupções podem ser classificadas: tolerância para necessidade pessoal ($5\% = 3$ minutos/hora), tolerância para fadiga ($5\% = 3$ minutos/ hora), tolerância para espera ($3\% = 1$ minuto e 48 segundos/ hora). Se um operador não necessitar das tolerâncias em uma hora de trabalho, com aproximadamente 52 minutos, a produção estabelecida será realizada.

i) determinar o tempo padrão (TP) de cada elemento da operação, a aplicação das tolerâncias no tempo normal (TN), leva este tempo ao tempo padrão da operação, que dividido por uma hora de trabalho indica qual a capacidade de produção por hora de trabalho, somente é possível que um operador trabalhe para recuperar uma produção se ele souber que está atrasado, com isto criou-se a ferramenta Gestão à vista.

2.15 GESTÃO À VISTA

Segundo a empresa *Lean Enterprise Institute* (2012), a ferramenta Gestão à vista tem o objetivo de administrar um determinado processo ou trabalho, de maneira fácil e rápida. Todas as pessoas precisam conhecer a situação em relação ao cumprimento da produção, qualidade e segurança. Com as informações organizadas de uma maneira simples e utilizando-se de indicadores visuais, os responsáveis poderão tomar as ações necessárias no momento de situação anormal.

Exemplo 1: é a instalação de um painel de informação sobre a célula de montagem, contendo informações como a meta estabelecida e produção atual, desta maneira, possíveis atrasos na produção serão recuperados.



Figura 14 – Gestão à vista

FONTE: *Lean Enterprise Institute* (2012)

Exemplo 2: é a instalação de uma lâmpada sobre uma máquina indicando a condição de funcionamento da mesma. Quando ocorrer um problema na máquina, a lâmpada ascende. A ferramenta parada de linha deverá estar funcionando para que tenha um bom resultado neste caso. Este tipo de gestão à vista é conhecido como *andon*.



Figura 15 – Andon

FONTE: *Lean Enterprise Institute* (2012)

2.16 TRABALHO EM EQUIPE

Segundo Moreto (1999), trabalhar em equipe é um dos conceitos mais importantes do Sistema Toyota de Produção. Cada membro do time precisa estar consciente que sua participação efetiva é fundamental para que seja atingido os objetivos de qualidade, produtividade e segurança. Atuando desta maneira, cada membro da equipe é responsável pelos resultados obtidos e trabalham em conjunto com o supervisor, que passa a atuar como um facilitador.

Conhecendo e acompanhando os objetivos, as metas de produção e os demais índices, os membros do time tornam-se capazes de contribuir com idéias, sugestões para soluções de problemas e tomadas de decisões. Este tipo de comportamento é uma grande oportunidade para o crescimento pessoal e profissional dos membros do time.

Segundo Ohno (1988), o trabalho em equipe é essencial para o bom funcionamento de uma produção. Taiichi Ohno gosta de comparar o trabalho em equipe de uma empresa com esportes. Em uma competição de remo, existem oito remadores por barco, onde quatro

remadores permanecem sentados do lado direito do barco e quatro remadores permanecem sentados do lado esquerdo do barco, se existir um remador em especial que é mais forte e mais rápido que os demais, consequentemente o lado do barco que ele está irá andar mais rápido, fazendo com que o mesmo gire e ande em círculos. Esta analogia do esporte de remo com a produção de uma empresa demonstra que se todos os operadores não estiverem no mesmo ritmo, pode gerar uma desarmonia na equipe, esta desarmonia pode ser considerada para operadores que estão muito abaixo da média, como para aqueles que estão acima, pois operadores muito rápidos podem causar o desperdício do excesso de estoque intermediário entre os postos de trabalho.

Em um final de turno de produção, não é importante a quantidade de furos que um determinado operador realizou numa peça, mas sim a quantidade total de peças acabadas que uma determinada equipe conseguiu produzir. Muitas vezes, tanto em produção como no esporte, equipes mais fracas que conseguem manter um mesmo ritmo, conseguem ganhar de equipes mais fortes que estão desbalanceadas.

2.17 KANBAN

Segundo Ohno (1988), como os operadores das operações anteriores sabem quando devem produzir os componentes e em qual quantidade? Este controle de informações de sinalização para os operadores foi denominado *kanban*.

No ano de 1950, Taiichi Ohno foi aos Estados Unidos visitar outras empresas de automóveis, como a General Motors e a Ford, mas o que mais impressionou Taiichi Ohno foram os supermercados. Após a Segunda Guerra Mundial, os produtos americanos inundaram o Japão, produtos típicos da cultura norte americana, como Chicletes e Coca-Cola, com eles os supermercados começaram a se instalar no Japão. O interesse de empresas de automóveis nos supermercados pode parecer estranho no início, mas começou a fazer sentido com a implantação da ferramenta *just in time* na Toyota. No sistema de venda de produtos da cultura japonesa, os vendedores batiam de porta em porta para tentar vender seus produtos, o que é similar ao sistema de produção empurrada que vimos anteriormente, onde os produtos são produzidos por uma determinada operação e levados para o próximo posto de trabalho, o que não é produzido fica em estoque, assim como acontecia com os vendedores japoneses, o que não era vendido em suas andanças ficavam em estoque. Já em um supermercado, o comprador pode pegar o que quiser, na quantidade que quiser e na hora que quiser, bastante

similar ao sistema de produção puxada do *just in time*, onde um operador vai até uma operação anterior e retira apenas o que é necessário. Em 1953, o sistema de supermercado no estilo americano foi implantado na Toyota, o grande desafio na época era quando um determinado processo retirava uma quantidade grande de produtos de um processo anterior, o que foi resolvido depois de diversas tentativas e alguns erros. O sistema de sincronização entre os departamentos foi resolvido com a ferramenta *kanban*.

Segundo Ohno (1988), o conceito *kanban* é uma ferramenta que possibilita a implantação do sistema de produção puxada, informando aos fornecedores, internos ou externos, o exato momento e a exata quantidade necessária de um material específico. Existem vários tipos de *kanban*, por exemplo um espaço vazio ou uma requisição, porém o mais utilizado é o sistema de cartões. Cada cartão *kanban* especifica um tipo de produto e uma quantidade, indicando quando deve-se iniciar a fabricação do produto que ele representa.



Figura 16 – Cartão *kanban* utilizado pela Toyota

FONTE: Ohno (1988)

A forma mais frequente do *kanban* é um pedaço de papel dentro de um alojamento transparente para que se consiga ler o que está escrito no papel. Este papel contém informações de produção, coleta e transferência. Como visto anteriormente, o *kanban* foi desenvolvido pelo estudo feito nos supermercados americanos, mas qual a relação existente?

Segundo Ohno (1988), um consumidor faz suas compras em um supermercado pegando os produtos que necessita e é obrigado a passar pelo caixa, neste momento o caixa registra todos os produtos que aquele consumidor está retirando de dentro do supermercado. Imediatamente, esta informação chega ao departamento de compras que consequentemente sabe a quantidade de produtos que devem ser comprados para repor seus estoques, estes produtos comprados são abastecidos nas prateleiras conforme o sinal visual dado através das gôndolas vazias. O ticket que a máquina registradora do supermercado imprime no momento da compra, corresponde ao cartão *kanban* de movimentação nos processos de produção Toyota. Sempre que um componente é retirado para ser montado no veículo, a informação vai direto para o departamento anterior produzir outro produto igual ao que foi retirado.

Segundo Ohno (1988), o sentimento da Toyota foi imediato, o sistema *kanban* funcionaria perfeitamente no método de produção puxada. Com o sistema *kanban*, um operador apenas iria produzir um determinado produto, quando este produto fosse "comprado" pela operação posterior, esta identificação seria sinalizada pelo cartão *kanban*. Em um único cartão, todas as informações necessárias estão à disposição: local de armazenamento, quantidade de componentes, meios de produção, duração de produção, destino do componente, etc.

Segundo Ohno (1988), em uma produção empurrada tradicional, o departamento de PCP informa ao início da linha de montagem o que deve ser produzido, mas o quando deve ser produzido fica a critério da produção, onde os produtos podem chegar antes do necessário, gerando um desperdício de excesso de produção.

Segundo Ohno (1988), o *kanban* quando utilizado inadequadamente pode tornar-se uma ferramenta desastrosa, pois ele pode parar uma linha de produção quando informações incorretas são anotadas no cartão. É responsabilidade do supervisor efetuar o controle correto do funcionamento do *kanban* e este por si só fará com que toda produção trabalhe independentemente de ordens e programações, os próprios operadores saberiam quando começar a produção e o que produzir.

Segundo Ohno (1988), a primeira regra do *kanban* consiste em um processo subsequente retirar os produtos nas operações anteriores e para que isto ocorra com naturalidade dentro de uma empresa, toda a direção e gerência deve estar envolvida e comprometida. Muitos obstáculos foram encontrados pela Toyota nos anos que se passaram após a implantação do Sistema Toyota de Produção. Existia muita resistência por parte dos

operadores para aceitar a idéia que não é mais vantajoso produzir o máximo que se consegue, ao invés de utilizar o *kanban* e produzir somente o necessário.

Segundo Ohno (1988), um grande problema ocorre quando um processo retira uma grande quantidade de itens de um processo anterior, quando isto acontece, o processo anterior fica completamente sem aquele produto e isto gera a falsa sensação de que é necessário implantar um estoque intermediário para aquele produto, mas se isto acontecer, a empresa terá pequenos estoques do mesmo produto espalhados por todos os lados. Para resolver o problema de uma operação retirar grande quantidades de produtos de uma operação anterior foi necessário adotar um sistema de nivelamento de produção, ferramenta denominada como *heijunka*.

2.18 HEIJUNKA

Segundo Moreto (1999), *Heijunka* é o balanceamento e sincronização da linha de produção baseando-se na demanda do cliente. No sistema de produção tradicional, a idéia era produzir uma grande quantidade de produtos antes de trocar para outro produto. Exemplo: supor que exista 20 dias para fazer 3 tipos de produtos A, B e C.

Tabela 1 – Sistema de produção tradicional (produção em lotes)

Produto	Quantidade	Dias de produção
A	12.000	Dia 1 ao dia 12
B	6.000	Dia 13 ao dia 18
C	2.000	Dia 19 ao dia 20

FONTE: Moreto (1999)

Segundo Moreto (1999), para atender a demanda do cliente sem ter estoques de segurança, que custa caro para a empresa, o pedido do cliente deve ser manufaturado em pequenos lotes sequenciados. Isto pode ser conseguido através de um quadro de demanda exposto na linha de produção, que visa orientar a todos qual o tipo e a quantidade de produto que deve ser feito num determinado período.

Considerando a ferramenta *heijunka*, pode-se produzir as mesmas peças da tabela anterior da seguinte maneira:

Tabela 2 – Tabela *heijunka*

Produto	Quantidade / dia	Plano diário de produção
A	600	270 minutos
B	300	135 minutos
C	100	45 minutos
Total	1.000 / dia	450 minutos / turno

* Considerado 7,5 horas por turno

FONTE: Moreto (1999)

Segundo Moreto (1999), os dois modelos de demanda produzem a mesma quantidade de peças no mesmo período de tempo, mas no segundo modelo, existe uma maior flexibilidade da produção, produzindo quantidades variadas de produtos por dia, não é necessário ter um estoque de produto acabado muito grande.

Segundo Moreto (1999), produzir pequenos lotes era exatamente o oposto do que foi adotado durante toda a história da produção de automóveis, pois a mentalidade que se deveria produzir o máximo possível antes de se fazer um *set up*, fora sempre seguida, pois o tempo de *set up* é um tempo que não agrega valor ao produto, ou seja, durante um *set up* não existe produção. A grande preocupação da Toyota foi reduzir o tempo necessário para realizar um *set up*, já que era necessário um nivelamento de produção *heijunka* para que a ferramenta *kanban* pudesse funcionar, e o *kanban* necessitava funcionar para que o *just in time* pudesse funcionar.

2.19 SET UP RÁPIDO

Segundo Shingo (1983), *set up* rápido é a prática contínua de melhorias no intuito de diminuir o tempo necessário para troca de ferramentas, componentes ou materiais utilizados na manufatura do produto. O tempo para completar o *set up* é medido entre a última peça boa da presente produção até a primeira peça boa da produção seguinte, tornando a célula de manufatura mais flexível, é possível fazer um número maior de *set up*, produzindo lotes menores, diminuindo o inventário.

Para melhorar o tempo de *set up*, é fundamental separar o *set up* em duas maneiras:

- a) *set up* interno é toda atividade que para ser realizada é necessária a parada da máquina. Ex.: troca de dispositivo, berço, etc.
- b) *set up* externo é toda atividade que pode ser realizada sem a parada da máquina, e acontece simultaneamente ao funcionamento da mesma. Ex.: preparação de dispositivos, busca de ferramentas para realizar o *set up*, etc.

Segundo Shingo (1983), a maior quantidade possível de atividades executadas no *set up* interno devem ser transferidas para o *set up* externo com o intuito de não parar a máquina. A redução de movimentos, uma boa localização dos dispositivos e a simplificação dos sistemas de ajustes e apertos contribuem para minimizar o tempo de *set up*.

Segundo Shingo (1983), É importante utilizar a ferramenta de trabalho padronizado em todas as etapas do *set up*, pois isto evita perda de tempo na procura de componentes e ferramentas. Após a padronização, é preciso que todos os envolvidos no *set up* sejam treinados e sigam os passos definidos nesta padronização.

Segundo Shingo (1983), na década de 1940, as prensas da Toyota necessitavam de aproximadamente três horas para realizar um *set up*. Quando se verificou a necessidade do *heijunka* em 1950, este tempo de *set up* foi reduzido para menos de uma hora e em alguns casos chegou-se a cronometrar *set up* de até quinze minutos. Todos os funcionários da Toyota foram envolvidos na busca de se reduzir este tempo para conseguir fazer lotes tão pequenos quanto o necessário, criando então a ferramenta de *set up* rápido. Em 1960, o *set up* nas máquinas e prensas da Toyota chegaram ao incrível tempo de menos de três minutos.

2.20 A IMPLANTAÇÃO DO KANBAN NOS FORNECEDORES

Segundo Ohno (1988), após a finalização da implantação do *kanban* em 1962, a Toyota começou a perceber que muitos componentes eram comprados e que se fazia necessário à implantação do Sistema Toyota de Produção em seus fornecedores, pois os componentes comprados pela fábrica precisavam ser entregues em sua linha de montagem no momento e quantidade exata, sendo necessário que a ferramenta *just in time* fosse aplicada na fábrica de seus fornecedores juntamente com o *kanban*. A Toyota solicitou que cada empresa fornecedora fosse até sua fábrica para ver a ferramenta *kanban* funcionando em uma fábrica real. Foram realizadas tentativas de se implantar o *kanban* nos fornecedores através de livros, mas a tentativa foi frustrante, os fornecedores acreditavam que era um desperdício produzir apenas o necessário e que a ferramenta era muito complicada de ser implantada, mas sempre como mencionado por Taiichi Onho, o processo deve ser implantado com paciência e calma. O método para fazer com que seus fornecedores também implantassem o *kanban* em suas empresas foi através de várias visitas.

Em 1962, Taiichi Onho foi promovido gerente da fábrica e a partir desta data, toda a Toyota passou a adotar a ferramenta *kanban*. Neste período, muitos supervisores da empresa estavam quase sendo forçados a entender o *kanban*, várias reclamações surgiam para que o superior de Taiichi o retirasse da gerência, mas seu superior acreditou em seu sistema de produção e aos poucos toda a Toyota foi reconhecendo a importância da ferramenta.

Segundo Ohno (1988), o grande desafio de fazer com que o *kanban* funcione, está na retirada irregular de componentes por parte do processo posterior, e isto ocorre porque os consumidores requisitam automóveis customizados, modelos, cores, motores, transmissores, acabamentos, opcionais, etc., tudo isto obriga que uma única linha de produção tenha a versatilidade de produzir milhares de veículos diferentes, e este fator foi predominante para o sucesso do Sistema Toyota de Produção. Os componentes eram requisitados pela montagem final do veículo, que por sua vez, os veículos eram requisitados pelos consumidores, e tudo isso funcionou perfeitamente através do sistema de produção puxada, enquanto que outras montadoras que adotavam o sistema de produção em massa, sofriam consideravelmente com esta customização de veículos.

Seis regras da ferramenta *kanban*:

Tabela 3 – Regras para utilização da ferramenta *kanban*

Funções do <i>kanban</i>	Regra para utilização
1. Fornecer informações sobre apanhar ou transportar;	1. O processo subsequente apanha o número de itens indicados pelo <i>kanban</i> no processo pendente;
2. Fornecer informações sobre a produção;	2. O processo inicial produz itens na quantidade e seqüência indicadas pela <i>kanban</i> ;
3. Impedir a superprodução e o transporte excessivo;	3. Nenhum item é produzido ou transportado sem um <i>kanban</i> ;
4. Servir como uma ordem de fabricação afixada às mercadorias;	4. Serve para afixar um <i>kanban</i> às mercadorias;
5. Impedir produtos defeituosos pela identificação do processo que os produz;	5. Produtos defeituosos não são enviados para o processo seguinte. O resultado é mercadorias 100% livres de defeitos;
6. Revelar problemas existentes e mantém o controle de estoques.	6. Reduzir o número de <i>kanban</i> aumenta sua sensibilidade aos problemas.

FONTE: Ohno (1988)

2.21 FIFO

Segundo Moreto (1999), o conceito FIFO é uma sigla em inglês de uma sistemática de abastecimento de materiais ou componentes, onde sempre o primeiro que entra é o primeiro que sai. A sigla FIFO em inglês quer dizer *first in first out*. Um fácil exemplo de associar esta ferramenta ao nosso dia cotidiano é a comparação com a rede de lanchonetes Mc Donald's, onde os lanches são dispostos de tal maneira que sempre o primeiro lanche feito, será o primeiro a ser consumido.

2.22 KAIZEN

Segundo Ohno (1988), se peças defeituosas forem passadas para a operação seguinte, o retrabalho deste produto ou o refugo deste produto causará um total desnivelamento de toda a produção, sendo assim, a ferramenta de parada de linha deve ser seguida à risca pelo operador, onde o mesmo é instruído a levar o produto defeituoso para a operação anterior, gerando uma situação embaralhada para o operador que produziu tal produto. Na cultura japonesa, a perfeição é considerada ética moral e todos os japoneses tem uma real determinação em produzir peças perfeitas. Torna-se uma situação extremamente embaralhada para o operador, uma vez que um companheiro de trabalho expõe perante o grupo que ele

cometeu um erro. Em todos os níveis da cultura japonesa, eles irão se esforçar ao máximo para produzir peças sem defeitos, desta maneira, foi criada a ferramenta *kaizen*, que significa a busca da melhoria contínua.

Segundo Moreto (1999), a tradução usual para *kaizen* é melhoria contínua, isto é, pequenas melhorias que podem ser implantadas num curto período. As inovações através do *kaizen* não devem custar muito dinheiro e devem ter resultados imediatos. Estes resultados podem ser: maior eficiência de produção, melhor ergonomia, mais segurança, melhor qualidade ou quaisquer outros aspectos do ambiente de trabalho.

O conceito *kaizen* geralmente consiste em 3 fases:

- a) Planejamento: nessa fase faz-se a escolha do grupo de pessoas que formará o *kaizen* da área que receberá a melhoria, é feita a comunicação por escrito à todas as áreas envolvidas (inclusive a alta administração), é preparado o sistema de coleta de dados e o esquema de datas, locais, responsáveis pelas decisões e coleta de idéias;
- b) Execução: nessa etapa temos a reunião do grupo, o qual será treinado e ficará responsável de escolher as idéias viáveis e executá-las.
- c) Verificação: tem a finalidade de verificar o que foi implantado, aplicar as ações corretivas e finalizar as idéias.

Segundo Moreto (1999), é aconselhável que o grupo *kaizen* seja composto por pessoas de diferentes áreas, a fim de evitar interesses próprios. Áreas de manufatura, engenharia, manutenção, ferramentaria e pessoas que não são da área escolhida para ser realizado o *kaizen*. Para o sucesso deste conceito é necessário que os membros do grupo tenham espírito de equipe, mente aberta, vontade de participar e mudar a maneira como as coisas são feitas.

Uma ferramenta que auxilia no sucesso do *kaizen* é a ferramenta de 5 "S".

2.23 5 "S"

Segundo Moreto (1999), o 5 "S" tem como origem cinco palavras japonesas que começam com a letra "S". Na verdade, essas palavras não existem originalmente no idioma japonês, mas foram criadas para introduzir os conceitos dentro do Sistema Toyota de Produção. São elas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitisuke*, que traduzidas para o português significam: Separação, Arrumação, Limpeza com Inspeção, Padronização e Disciplina.

2.23.1 Separação

Segundo Moreto (1999), o principal objetivo da separação é reduzir ou eliminar movimentos, operações, ferramentas, utensílios, etc., que não agregam valor, ou seja, deve-se deixar em nos postos de trabalho somente o necessário para a realização das tarefas.

2.23.2 Arrumação

Segundo Moreto (1999), a melhor definição para arrumação é: “um lugar para cada coisa e cada coisa em seu lugar”. Tudo dever ter um local específico, onde cada item possa ser facilmente localizado por todos, estes locais devem ser claramente identificados. Dessa forma, não existe desperdício de tempo para localizar um objeto.

2.23.3 Limpeza com inspeção

Segundo Moreto (1999), “melhor do que limpar é não sujar”. O objetivo é manter os postos de trabalho sempre limpo, dessa forma o tempo gasto com limpeza será reduzido. Um outro ponto muito importante é identificar a causa geradora da sujeira. Por exemplo: se todos os dias, uma mancha de óleo é limpa sob uma máquina, significa que deve haver um vazamento, assim o correto é eliminar o vazamento ao invés de continuar limpando a mancha indefinidamente. Deve-se utilizar a ferramenta de Análise de causa raiz do problema.

2.23.4 Padronização

Segundo Moreto (1999), o objetivo da padronização é estabelecer um sistema simples, consciente, compreendido e utilizado por todos. Esse sistema visa manter o nível de melhoria obtida com a separação, arrumação e limpeza com inspeção. Esse sistema pode incluir padronização nas comunicações, nas identificações, nos métodos utilizados, nas documentações, etc.

2.23.5 Disciplina

Segundo Moreto (1999), o último e mais importante conceito do programa 5 ”S”, pois somente com a disciplina pode-se fazer com que os outros quatro conceitos funcionem. Seguir as normas e procedimentos estabelecidos e desenvolver a rotina diária que encorajem a prática

de todos os conceitos é o caminho para atingir o objetivo maior, de ter um ambiente de trabalho mais agradável que facilite o dia-a-dia.

2.24 TAKT TIME

Segundo Moreto (1999), o *takt time* é o ciclo de tempo em que cada posto de trabalho tem que operar para ir ao encontro da demanda dos clientes. Ou seja, é a razão entre o tempo disponível de trabalho e a demanda de produtos dos clientes.

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Tempo disponível no período}}{\text{Total de produção no período}}$$

Figura 17 – Fórmula do *takt time*

FONTE: Moreto (1999)

Segundo Moreto (1999), o tempo disponível no período é o tempo disponível que o posto de trabalho possui para efetuar a demanda dos clientes, considerando todo o tempo à disposição da produção, menos os períodos de refeições e os intervalos para café. Total de produção no período é o total de peças que o cliente necessita de produção em unidades.

Segundo Moreto (1999), normalmente o *takt time* é comparado com os respectivos ciclos de tempo de cada operação, assim pode-se visualizar os tempos de espera e os tempos de processo contra a necessidade dos clientes. Para facilitar a análise dos dados, a melhor maneira é colocar em um gráfico as informações para que seja possível entender melhor o balanceamento dos postos em questão.

Tabela 4 – Cálculo do *takt time*

Horas disponíveis	8,00 horas – 1º Turno 8,00 horas – 2º Turno	
Sub Total	16,0 horas	①
Horas indisponíveis	0,30 horas – 1º Turno 0,30 horas – 2º Turno	
Sub Total	1,0 hora	②
Tempo disponível de 1 dia de trabalho	15,0 horas 54.000 segundos	③ = ① – ② ④ = ③ x 3600
Produção requerida do dia	2.700 peças / dia	⑤
Takt time	20 segundos / peça	⑥ = ④ / ⑤

* Considerado 2 turnos de produção

FONTE: Moreto (1999)

3 JUSTIFICATIVA

Segundo Ohno (1988), principal engenheiro criador do sistema de produção enxuta:

Os valores sociais mudaram. Agora, não podemos vender nossos produtos a não ser que nos coloquemos dentro dos corações de nossos consumidores, cada um dos quais tem conceitos e gostos diferentes. Hoje, o mundo industrial foi forçado a dominar de verdade o sistema de produção múltiplo, em pequenas quantidades.

Atualmente as indústrias automotivas possuem uma grande variedade de veículos com diversos tipos de opcionais, produzir diversos produtos com características diferentes tem sido o grande desafio dos últimos tempos, sendo necessário uma flexibilização dos meios de produção para conseguir produzir pequenos lotes sequenciados de produtos com características diferentes.

De acordo com Moreto (1999), produção enxuta é um conjunto de ferramentas que englobam conscientização, procedimentos e ações visando flexibilizar o processo de produção e eliminar os desperdícios, atingindo o mais alto nível de satisfação dos clientes, considerando segurança, custos, qualidade e prazos de entrega.

Eliminar os desperdícios que estão agregados os procedimentos de injeção de componentes e montagem de lanternas veiculares, permite aumentar a produtividade do processo produtivo e consequentemente aumentar a rentabilidade da empresa.

4 MÉTODO

Esta monografia refere-se a um estudo de caso da aplicação das ferramentas do Sistema Toyota de Produção em uma indústria de iluminação veicular, tendo como objetivo a redução do tempo de *set up* de uma máquina injetora de componentes que constituem uma lanterna automotiva e o aumento da produtividade de uma célula de montagem final.

Durante o estudo de redução de tempo de *set up*, foram utilizadas as ferramentas: cronoanálise, sete tipos de desperdícios, *kaizen*, trabalho padronizado e *set up* rápido. O *set up* anterior ao estudo foi observado e o tempo de cada atividade foi anotado com o auxílio de um cronômetro, após as anotações serem feitas, foi montado um grupo de trabalho com pessoas de departamentos diferentes da empresa para realizar a ferramenta *kaizen*, todos os desperdícios que ocorreram durante o *set up* realizado foram discutidos entre o grupo e eliminados com propostas de melhorias, após a eliminação dos desperdícios, foi implantado a ferramenta de *set up* rápido, separando todas as atividades de *set up* interno e *set up* externo, todas as melhorias realizadas no estudo de caso de redução de *set up* foram documentadas em um trabalho padronizado através de fotos com o auxílio computacional do programa *Excel*, os funcionários envolvidos na realização das atividades de *set up* dentro da empresa foram treinados de modo que o padrão estabelecido fosse seguido por todos.

Durante o estudo de aumento da produtividade na montagem final de lanternas, foram utilizadas as ferramentas: cronoanálise, sete tipos de desperdícios, *kaizen*, trabalho padronizado, multi processo / multi máquina, fluxo de uma peça e FIFO. Todo o procedimento de formação de um grupo de trabalho de *kaizen*, cronometragem do processo anterior as modificações, análise dos desperdícios cometidos durante o processo de montagem e treinamento operacional do trabalho padronizado após as melhorias implantadas na célula, se repetiram nesta fase do estudo de caso, com o acréscimo das ferramentas fluxo de uma peça, onde determinou-se um estoque de material em processo mínimo na célula de montagem. Foi utilizado a ferramenta FIFO, onde o operador do posto de trabalho deixou de ter a atividade de alimentação dos componentes nas bancadas de trabalho, esta atividade passou a ser dos abastecedores do departamento de logística, permitindo que os operadores se concentrassem apenas nas atividade de montagem do produto, e a ferramenta de multi processo / multi máquina, permitindo que o número de operadores necessário fosse reduzidos de cinco para quatro, onde as atividades fossem agrupadas entre os operadores, reduzindo o tempo do operador gargalo da célula de montagem, consequentemente resultando no aumento de produtividade desejado.

5 DESENVOLVIMENTO

O estudo de caso das ferramentas de produção enxuta em uma indústria de iluminação veicular teve o objetivo de reduzir os desperdícios e aumentar a produtividade nos processos de montagem de lanternas automotivas. Para melhor aplicação das ferramentas, este estudo foi dividido em duas partes:

- injeção de componentes;
- montagem final de lanternas.

5.1 INJEÇÃO DE COMPONENTES

O estudo foi realizado em uma máquina injetora de Lentes e Carcaças, que são os componentes principais de uma lanterna.



Figura 18 – Máquina injetora de Lentes e Carcaças de lanternas automotivas

FONTE: O autor (2011)

O principal objetivo do estudo no setor de injeção de componentes que constituem uma lanterna automotiva foi à redução de desperdícios. Devido ao alto tempo de *set up* nas máquinas, o departamento de montagem final perdia a flexibilidade na montagem de lanternas, pois a programação necessitava que o lote de produção de componentes injetados fosse grande o suficiente para que o molde de injeção entrasse em máquina e injetasse Lentes e Carcaças suficientes para abastecer a montagem final por um período de aproximadamente sete dias de produção, com isto, havia o desperdício de produção e excesso de estoque. A meta estabelecida pela gerência da planta era a redução de 40% no tempo de *set up*.

A meta em um primeiro instante parecia muito agressiva, mas ao analisar a falta de padronização na execução dos *set up* e o desconhecimento das ferramentas de *set up* rápido viabilizou a meta estabelecida.

Foram utilizadas nesta etapa do estudo de caso as ferramentas:

- a) cronoanálise;
- b) sete tipos de desperdícios;
- c) *kaizen*;
- d) trabalho padronizado;
- e) *set up* rápido.

O primeiro passo foi a observação de um *set up* realizado por um preparador de máquina, todo o procedimento realizado pelo preparador da máquina foi registrado sem nenhuma intervenção. O *set up* foi dividido em atividades e o tempo gasto em cada atividade foi cronometrado e registrado em uma planilha, conforme apêndice A.

O segundo passo foi analisar o *set up* realizado pelo preparador de máquinas e seus respectivos tempos. O que chamou a atenção de imediato foi que todas as máquinas possuem um operador, e que no momento de *set up* este operador era destinado a ajudar em outra máquina injetora, ao invés de efetuar o *set up* em conjunto com o preparador de máquina. Toda máquina injetora tem um tempo de ciclo de injeção definido e a ajuda de um operador extra não agrupa valor ao produto, pois não é possível aumentar o número de componentes produzidos. Outro ponto observado foi que não existia um procedimento para a realização de *set up* externo, como pode ser observado no **apêndice A**.

Com base nos dados coletados, foi iniciado a eliminação de alguns desperdícios que ocorriam durante a execução do *set up*. Como a empresa possui várias máquinas injetoras similares a máquina em questão, a meta era conseguir a redução do tempo através da implantação do conceito de eliminar desperdícios, tendo como foco utilizar-se de um baixo investimento, pois todo o valor gasto neste estudo seria necessário multiplicar por todas as máquinas da empresa.

Foi formado um grupo de pessoas dentro de empresa da área de manufatura e manutenção, para que todas as melhorias de *kaizen* fossem realizadas internamente com um baixo custo. Foram anotadas propostas de melhorias para as atividades que demandavam um tempo alto na execução do *set up* observado.

- a) o primeira melhoria implantada foi na distribuição das mangueiras que ficavam atrás da maquina injetora. em um local de difícil acesso, onde esta distribuição foi modificada para dentro da máquina em local de fácil acesso;

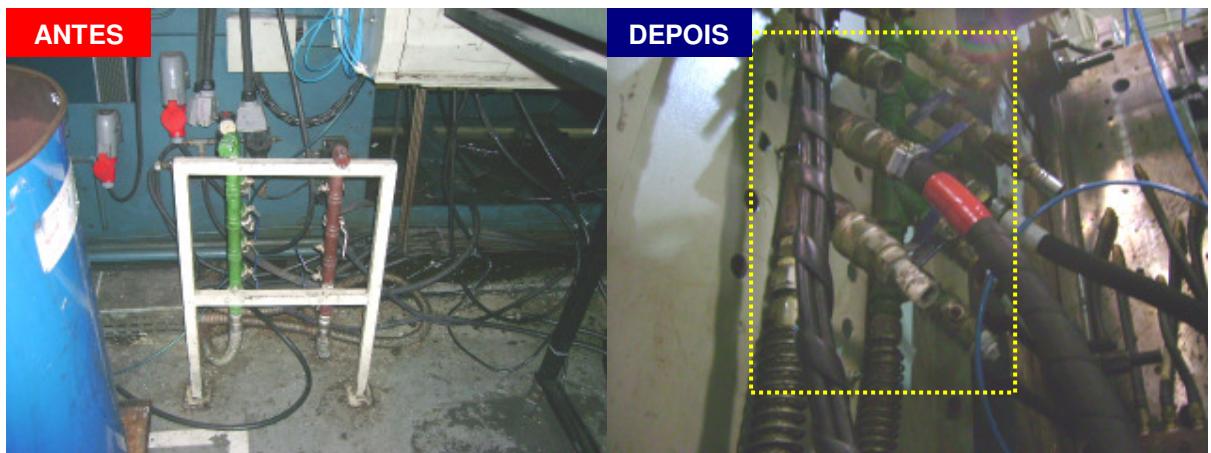


Figura 19 – **Aproximação dos distribuidores para dentro da máquina**

FONTE: O autor (2011)

- b) a segunda melhoria realizada foi a substituição dos engates que necessitavam de ferramentas para a conexão, por engates rápidos padronizados nas mangueiras de alimentação;



Figura 20 – **Padronização da refrigeração com engate rápido**

FONTE: O autor (2011)

- c) a terceira melhoria foi a construção de uma plataforma para melhorar a ergonomia do preparadores no momento de executar o *set up*;



Figura 21 – Construção das plataformas

FONTE: O autor (2011)

- d) a quarta melhoria foi a realização do trabalho padronizado nas ferramentas de *set up*, com um local específico, onde cada item possa ser facilmente localizado por todos, eliminando o desperdício de tempo para localizar uma ferramenta;



Figura 22 – Trabalho padronizado na organização das ferramentas de *set up*

FONTE: O autor (2011)

- e) a quinta melhoria foi a criação de uma régua de aproximação para ajuste das alturas dos moldes, pois o preparador da máquina realizava a movimentação dos moldes com o auxílio de uma talha, gastando um tempo excessivo por não ter algo que o guiasse no momento da aproximação final da fixação do molde na injetora;



Figura 23 – Régua de aproximação para ajuste da altura de molde

FONTE: O autor (2011)

- f) a sexta melhoria foi a compra de uma parafusadeira pneumática de impacto para a fixação do molde de injeção na placa da injetora, eliminando as chaves de boca e diminuindo consideravelmente o tempo desta atividade.



Figura 24 – Utilização de chave de impacto para fixação dos moldes

FONTE: O autor (2011)

Com as melhorias realizadas, obtive-se redução de movimentos por parte do preparador da máquina, uma boa localização das ferramentas e dos dispositivos e uma simplificação dos sistemas de ajustes e apertos.

Em conjunto com as melhorias realizadas, foi implantada a ferramenta de *set up* rápido, onde todas as atividades possíveis foram transferidas de um *set up* interno para um *set up* externo e o operador que inicialmente se deslocava para uma outra máquina no momento do *set up*, passou a fazer parte do *set up* de sua máquina, auxiliando o preparador.

Após a padronização do procedimento, todos os envolvidos no *set up* foram treinados para seguir os passos definidos nesta padronização, conforme a tabela 5.

Tabela 5 – Padronização do procedimento de *set up* rápido de injetoras

Set-up Romi 2003 - Operações em paralelo (Troca de molde em dupla)		
	Operador 1	Operador 2
Pré Set-up	1- Verificar condicão do molde seguinte (camara quente, refrigeracao)	1- Continuar pegando as pecas ate acabar material (pecas à falhar)
	2- Colocar Molde em Pré Set-up	
	3- Trazer garra do robô para junto da máquina	
	4- Trazer ferramentas necessárias para junto da máquina (carrinho de Set-up)	
	5- Trazer para a máquina toda a documentação do molde seguinte (FIO, Ficha Técnica etc)	
	6- Verificar se O.P. está no sistema	
	7- Posicionar a Talha	
	8- Desigar Termogel	
	9- Fechar alimentação de material e limpar Funil	
Set-up	1- Afastar canhao	1- Ir para o lado oposto da máquina
	2- Abrir a porta, limpar o fechamento do molde e aplicar protetivo	2- Abrir a porta, remover a refrigeracao do molde
	3- Fechar porta ligar bomba	3- Fechar a porta
	4- Fechar molde e abrir a porta	4- Abrir a porta, colocar gancho no olhal e remover camara quente/extrator
	5- Baixar a talha	5- Soltar garras
	6- Soltar garras	6- Fechar porta
	7- Fechar a porta e ligar bomba	7- Retirar a garra do robo
	8- Abrir Maquina	8- Abrir porta
	9- Abrir porta	9- Auxiliar na retirada do molde ate as colunas
	10- Retirar Molde	10- Ir para o lado do painel da maquina
	11- Dispore molde no pre set-up ao lado da maquina	11- Puxar programa da peça
	12- Pegar molde seguinte do pre set-up	12- Aproximar altura do molde
	13- Colocar molde na maquina	13- Voltar para o lado de origem
	14- Abrir a porta	14- Auxilio na colocacao do molde
	15- Centralizar molde	15- Fechar porta
	16- Fechar Porta	16- Colocar garra do robo ate o travamento do molde
	17- Ajuste de travamento	17- Abrir porta
	18- Abrir Porta	18- Apertar garras
	19- Apertar garras	19- Retirar gancho do olhal
	20- Retirar talha	20- Ligar camara quente
	21- Ligar bomba	21- Ligar segurança da extracão
	22- Abrir Molde	22- Fechar porta
	23- Limpar Molde	23- Abrir porta
	24- Fechar Porta	24- Ligar refrigeracao
	25- Descarregar Cilindro	25- Fechar porta
	26- Iniciar maquina	26- Terminar instalacao da garra do robo
		27- Puxar programa do robo
		28- Puxar o.p.
ós Set-up	1- Organizar Setor	

FONTE: O autor (2011)

5.2 MONTAGEM FINAL DE LANTERNAS

O estudo foi realizado em uma célula de montagem final de uma lanterna.



Figura 25 – Célula de montagem final de lanternas automotivas

FONTE: O autor (2011)

O principal objetivo do estudo no setor de montagem final de lanternas foi o aumento de produtividade. Com o aumento no número de produtos a serem produzidos no setor, o aumento de produtividade tornou-se necessário para a que a empresa conseguisse suprir a demanda de todas as montadoras para a qual os produtos são fornecidos. A meta estabelecida pelo gerente da planta era um aumento de 20% na produtividade da montagem final de uma determinada lanterna.

Para ter êxito na meta estabelecida pela empresa, era necessário que os desperdícios fossem reduzidos ao máximo.

Foram utilizadas nesta etapa do estudo de caso as ferramentas:

- f) cronoanálise;
- g) sete tipos de desperdícios;
- h) *kaizen*;
- i) trabalho padronizado;
- j) multi processo / multi máquina;
- k) fluxo de uma peça;
- l) FIFO.

O primeiro passo foi a observação da célula de montagem final funcionando com todos os operadores, foram tiradas fotos dos postos de trabalho evidenciando a situação atual

do fluxo de processo, a montagem desta lanterna consistia em cinco operações, onde cada operação era realizada por um operador, as operações foram divididas em atividades e o tempo gasto em cada atividade foi cronometrado e registrado em uma planilha denominada quadro combinado, conforme **apêndice B**.

O segundo passo foi desenhar o *layout* atual da célula de montagem, onde foi acrescentado no *layout* o número das atividades que foram cronometradas conforme o quadro combinado, esta combinação de *layout* com as atividades executadas é denominada mapofluxograma, conforme a figura 26.

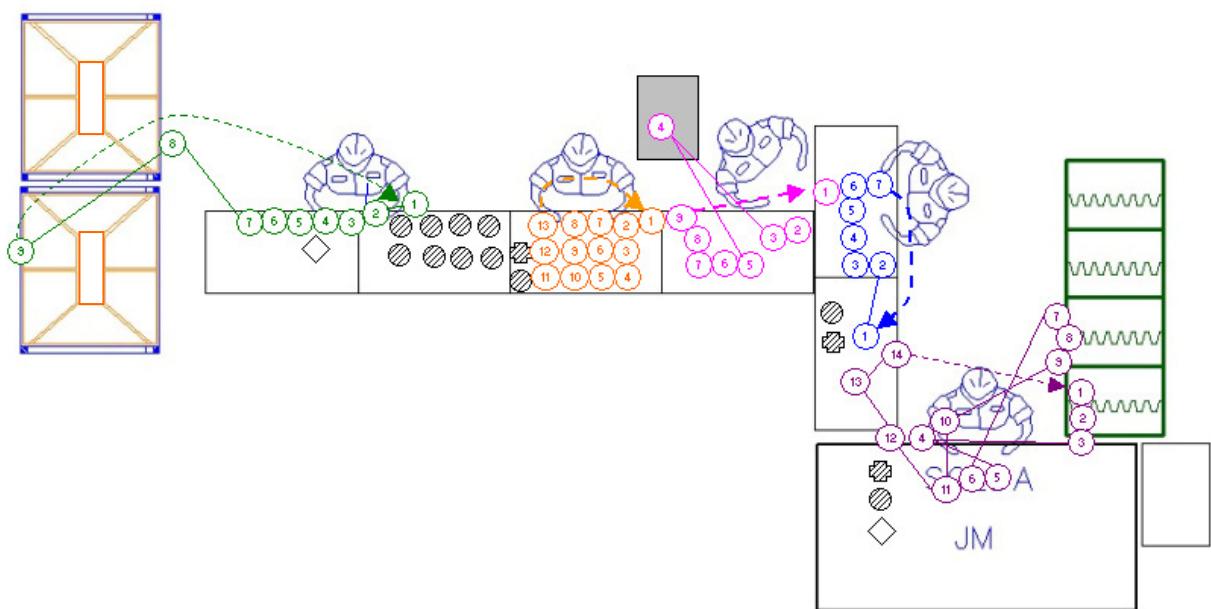


Figura 26 – Mapofluxograma da situação inicial da célula de montagem

FONTE: O autor (2011)

O que chamou a atenção no momento da cronoanálise da célula de montagem foram os seguintes aspectos:

- a) existia um acúmulo de lanternas entre o quarto e o quinto operador, este acúmulo de lanternas indicava um desbalanceamento das atividades na célula de montagem, gerando um desperdício de excesso de estoque intermediário e consequentemente, um aumento de produtos em processo, está representado por círculos hachurados na figura 26 ;
- b) existiam seis postos de trabalho para apenas cinco operadores, este posto de trabalho sobressalente era destinado para o estoque de lanternas que havia entre os

operadores quatro e cinco, obrigando estes operadores a caminhar acima do necessário, gerando um desperdício de movimentação;

- c) os componentes para a montagem da lanterna eram abastecidos fora da célula de montagem, em um local destinado para estoque intermediário e os operadores se movimentavam até este estoque para buscar os componentes e deixavam os mesmos sobre os postos de trabalho, com estoque intermediário no meio da produção, existia o desperdício de excesso de estoque de componentes, ocupando uma área desnecessária na empresa.

Foi realizada a cronoanálise da célula de montagem e gerado um gráfico do tempo gasto de cada operação da análise inicial, conforme figura 27.

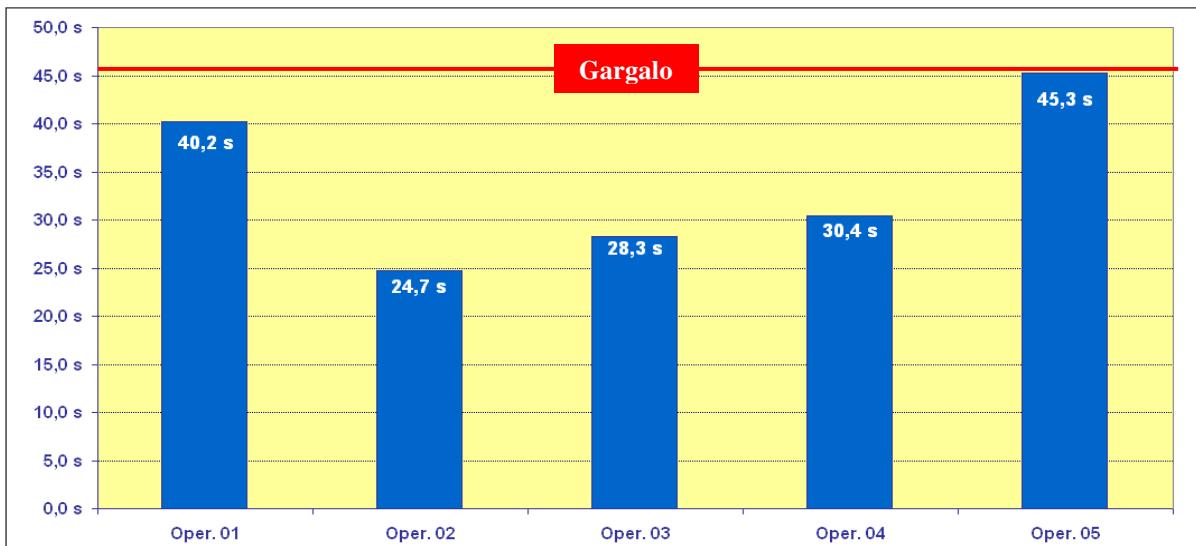


Figura 27 – Gráfico gerado pela cronoanálise da situação inicial do processo de produção
FONTE: O autor (2011)

Conforme gráfico da figura 27, observar-se que o último operador (oper.05), necessita de um tempo maior para realizar a operação, constatando a previsão inicial que a célula de trabalho estava desbalanceada, este gráfico explica que as lanternas que ficavam acumuladas entre os postos de trabalho quatro e cinco se dava pelo fato do posto cinco ser o gargalo¹ da célula de montagem.

¹ Gargalo é o ponto crítico responsável pelo volume da produção final, ponto que segura a produção.

Foi formado um grupo de pessoas dentro de empresa da área de manufatura e manutenção para que todas as melhorias de *kaizen* fossem realizadas internamente com um baixo custo. Foram anotadas propostas de melhorias para todos os postos de trabalho com a finalidade de eliminar os desperdícios que ocorriam durante o processo:

- a) a primeira melhoria implantada foi a alteração do segundo posto de trabalho, os componentes foram retirados de cima da bancada, criou-se uma bandeja para que o abastecedor do departamento de logística pudesse repor os componentes por trás da bancada, desta maneira, o operador destinaria seu tempo na montagem da lanterna, ao invés de se preocupar com o abastecimento dos componentes. Foi possível a implantação da ferramenta de produção enxuta FIFO com este sistema de abastecimento de componentes;



Figura 28 – Célula de montagem final – segundo posto de trabalho

FONTE: O autor (2011)

- b) a segunda melhoria implantada foi a alteração do terceiro posto de trabalho, atividades de outras operações passaram a fazer parte deste posto de trabalho, incluindo a mesma sistemática de alimentação de componente por trás da bancada;



Figura 29 – Célula de montagem final – terceiro posto de trabalho

FONTE: O autor (2011)

- c) a terceira melhoria implantada foi realizada no quarto posto de trabalho, as atividades foram agrupadas em um único berço de apoio de lanterna, um dos berços foi descartado;



Figura 30 – Célula de montagem final – quarto posto de trabalho

FONTE: O autor (2011)

- d) a quarta melhoria implantada foi realizada no quinto posto de trabalho, as atividades foram agrupadas em uma única bancada, com a finalidade de eliminar o acúmulo de lanternas entre os postos de trabalho, foi criado um suporte para posicionar a embalagem final da lanterna, diminuindo a movimentação do operador;



Figura 31 – Célula de montagem final – quinto posto de trabalho

FONTE: O autor (2011)

Após todas as melhorias realizadas nos postos de trabalho da célula de montagem final, o *layout* foi modificado para o formato de “U”, conforme figura 32, desta maneira foi possível aplicar as ferramentas de produção enxuta:

- Multi processo / multi máquina, onde um operador ficou responsável de trabalhar em mais de um posto de trabalho, o operador caminha de um posto de trabalho ao outro, pegando a peça terminada do posto de trabalho anterior e abastecendo o posto de trabalho posterior;
- Fluxo de uma peça, ao terminar suas atividades em um posto de trabalho o operador se desloca juntamente com o produto para o próximo posto de trabalho para realizar as atividades daquele posto, ao invés de posicionar a lanterna sobre a bancada;
- Trabalho padronizado, todo o processo foi documentado detalhadamente, para que o mesmo procedimento fosse executado da mesma maneira em qualquer turno de trabalho, por qualquer pessoa, garantindo desta forma a qualidade do produto, a segurança e a eliminação de movimentos desnecessários.

Com o novo sistema de abastecimento nos postos de trabalho, ficou definido que o abastecedor tem a função de alimentar a célula de montagem, abastecendo os componentes necessários para a montagem final da lanterna por trás da bancada, e o operador retira o componente pela parte frontal da bancada, estabelecendo o FIFO, sempre o componente fabricado primeiro, será montado primeiro.

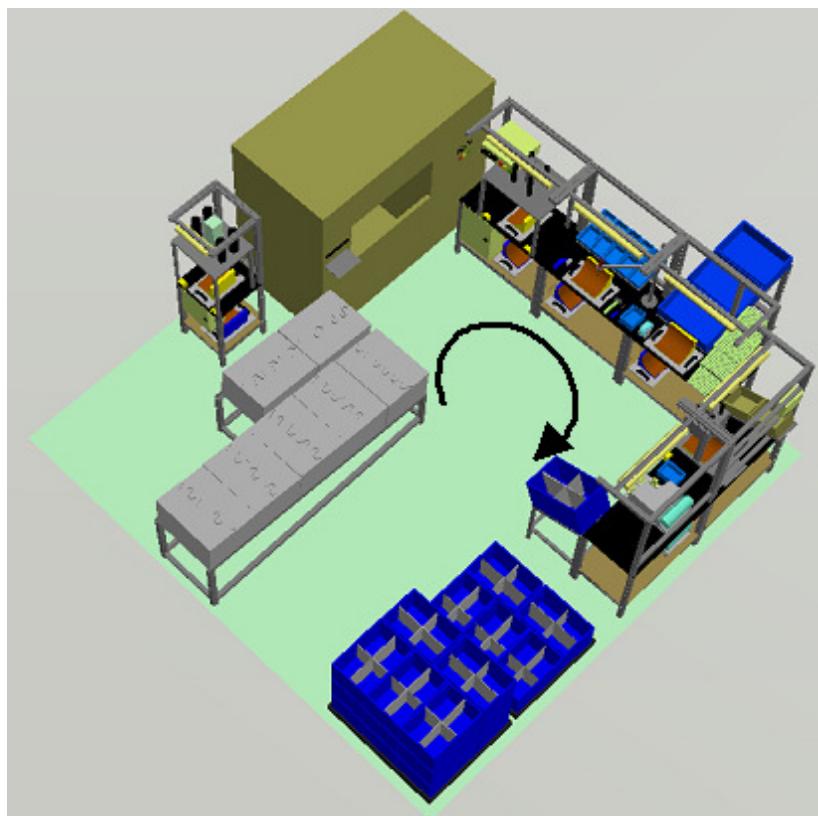


Figura 32 – **Layout final da célula de montagem**

FONTE: O autor (2011)

Analisando os dados coletados, as atividades dos postos de trabalho foram redistribuídas de forma que a célula conseguisse um balanceamento melhor, nivelando os tempos de todas as operação, com o intuito de praticamente eliminar o gargalo da célula de montagem. Foi realizado um novo estudo de cronoanálise e registrado em uma nova planilha de quadro combinado, conforme **apêndice C**.

O mapofluxograma do processo modificado após as melhorias está representado na figura 33.

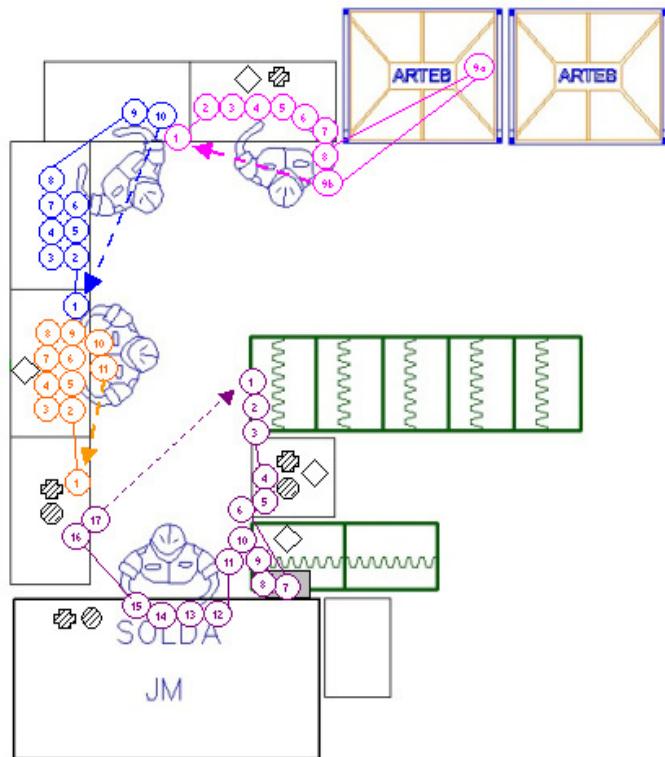


Figura 33 – Mapofluxograma da situação final da célula de montagem

FONTE: O autor (2011)

Foi gerado um novo gráfico do tempo gasto de cada operação conforme a figura 34.

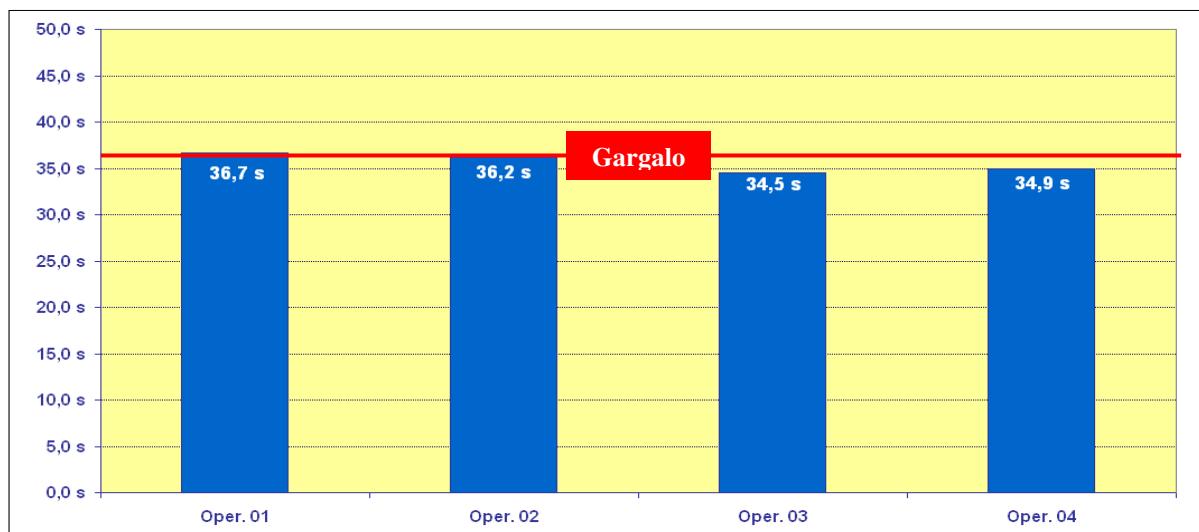


Figura 34 – Gráfico gerado pela cronoanálise do processo de produção modificado

FONTE: O autor (2011)



Figura 35 – Ganho de área

FONTE: O autor (2011)

Com o novo sistema de abastecimento por trás das bancadas, o número das atividades dos abastecedores de logística aumentaram, pois o mesmo deveria alimentar cada bancada da célula de trabalho, ao invés de abastecer um único estoque intermediário. Foi necessário implantar prateleiras no almoxarifado com caixas padronizadas de componentes para facilitar as atividades dos abastecedores, com esta modificação, o abastecedor teve maior facilidade no empilhamento das caixas, conseguindo levar um número maior de componentes por viagem, desta maneira, não foi necessário um número maior de abastecedores, a quantidade inicial de abastecedores se manteve.



Figura 36 – Estoque de componentes

FONTE: O autor (2011)

5.3 RESULTADOS

O tempo inicial de *set up* cronometrado nas máquinas injetoras era de 1 hora, 31 minutos e 50 segundos. Após a padronização e treinamento do procedimento de *set up* rápido, o tempo reduziu para 41 minutos e 13 segundos, atingindo uma redução percentual de 55,1% no tempo de *set up*, sendo este um ganho de 15,1% acima do objetivo estabelecido no início do estudo de caso, que era de 40%.

A situação inicial na célula de montagem final tinha a capacidade de produzir 79 lanternas por hora, com o número de 5 operadores com base no tempo da operação gargalo, tendo como produtividade da célula 15,8 lanternas por operador por hora. Após a eliminação dos desperdícios na célula de montagem final, a capacidade aumentou para 98 lanternas por hora, com o número de 4 operadores, desta maneira, pode-se calcular que a produtividade da célula em 24,5 lanternas por operador por hora. Comparando os dados da situação anterior a aplicação das ferramentas do Sistema Toyota de Produção com os dados após a modificação, tem-se um aumento de produtividade de 15,8 peças por hora por operador para o valor de 24,5 peças por hora por operador, resultando em um ganho de 55,1% na produtividade.

Ao realizar a comparação entre o processo inicial e o processo modificado, foi possível verificar que houve um ganho em área, pois existia um excesso de bancadas no *layout* inicial, sendo assim, o *layout* inicial ocupava uma área de 37m², e o *layout* modificado ocupou uma área de 27m², este ganho de 10m² de ocupação de área representa um ganho de 27%.

6 CONCLUSÃO

O Sistema Toyota de Produção consiste na aplicação de várias ferramentas que foram desenvolvidas através da necessidade na fábrica automotiva da Toyota. Todas as ferramentas que foram desenvolvidas por Taiichi Ohno tem o objetivo de eliminar desperdícios, aumentando consequentemente a produtividade do processo de produção.

Esta monografia relata a aplicação das ferramentas de produção enxuta em um estudos de caso em uma indústria de iluminação veicular, com o objetivo de reduzir os desperdícios e obter uma maior produtividade nos processos de montagem de lanternas automotivas. Os resultados deste estudo de caso foram alcançados através das ferramentas de cronoanálise, sete tipos de desperdícios, *kaizen*, trabalho padronizado, *set up* rápido, multi processo / multi máquina, fluxo de uma peça e FIFO.

O resultado da aplicação das ferramentas de produção enxuta foi a redução percentual de 55,1% no tempo de *set up* do processo de injeção dos componentes da lanterna, o aumento de 55,1% na produtividade da montagem final e um ganho de 27% na área ocupada pela célula de montagem.

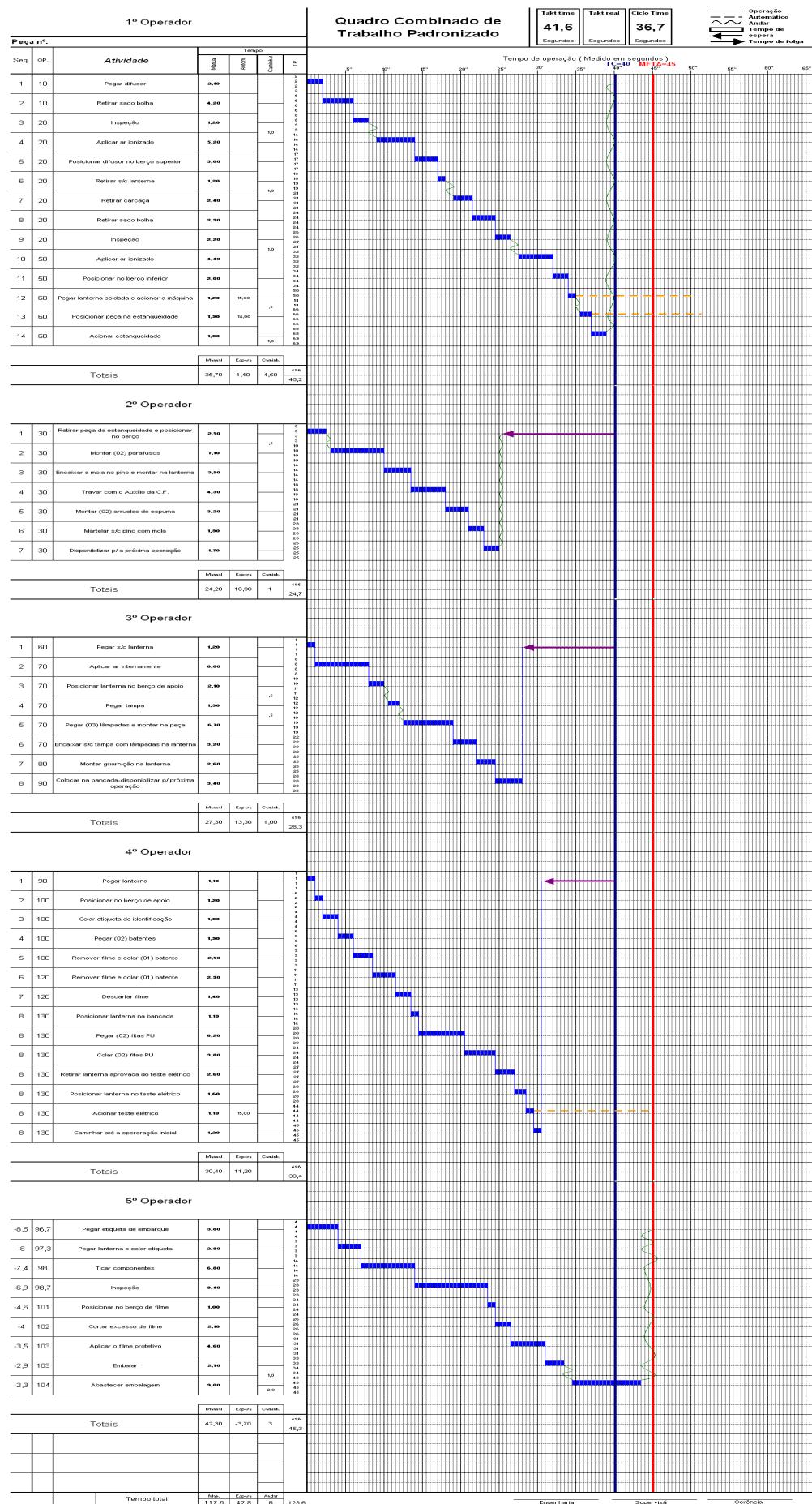
7 REFERÊNCIAS

- 4 LEAN (Portugal). **Poka Yoke.** Disponível em: <<http://www.4lean.net/cms/>>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- ADVANCED CONSULTING & TRAINING (Brasil). **Poka Yoke.** Disponível em: <<http://www.advanced-eng.com.br/glossario.htm>>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- FREIRE, L. **Lean Manufacturing.** Disponível em: <<http://ensino.univates.br/~stollbrs/PCP2/Trabalho.Eng.Prod..htm>>. Acesso em: 20 dez. 2011.
- LEAN ENTERPRISE INSTITUTE INC. (Usa). **Andon.** Disponível em: <<http://www.lean.org/shook/displayobject.cfm?o=1321>>. Acesso em: 20 jan. 2012.
- LIKER, J. K. **O modelo Toyota:** 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. New York: Bookman, 2004.
- MANFREDINI, I. (Brasil). **Organização Industrial.** São Paulo, 2000.
- MAYNARD, H. B. **Industrial Engineering Handbook.** 5. ed. Usa: Edgard Blucher, 1970. 239 p.
- MORETO, C. (Brasil). **Train the trainer Lean Production Modules.** São Paulo, 1999.
- MTU CONSULTORIA ASSESSORIA E GESTÃO (Brasil). **A prática dos 5S.** Disponível em: <<http://www.mtuconsultoria.com.br/5S.htm>>. Acesso em: 10 dez. 2011.
- OHNO, T. **O Sistema Toyota de Produção:** Além da Produção em Larga Escala. Brasil: Bookman, 1988. 156 p.
- SETEC CONSULTING GROUP. **QSB - Quality system basic.** Brasil: Setec, 2010.
- SHIMBUN, N. K. **Poka-Yoke:** Improving product quality by preventing defects. Japan: Nks Factory Magazine, 1987.
- SHINGO, S. **Sistema de troca rápida de ferramenta:** Uma revolução nos sistemas produtivos. Japan: Bookman, 1983.
- TOYOTA INSTITUTE. **Toyota Business Practices:** Toyota Way. Brasil: Global Human Resources, 2005.

APÊNDICE A – Tempo de set up antes da aplicação das ferramentas de produção enxuta

Operador 1		
	0:00:00	
Parar Máquina	0:00:02	0:00:02
Passar Protetivo	0:00:15	0:00:13
Soltar Refrigeração	0:02:00	0:01:45
Soltar Tomada de Segurança da extração	0:02:07	0:00:07
Posicionar Talha	0:04:25	0:02:18
Soltar Garras do lado do painel	0:05:15	0:00:50
Prender Trava de Segurança	0:05:30	0:00:15
Soltar Garras do lado oposto do operador	0:07:30	0:02:00
Abrir Máquina para retirada do Molde	0:08:37	0:01:07
Soltar um Retorno	0:16:45	0:08:08
Retirar e colocar próximo molde na máquina	0:20:25	0:03:40
Centralizar molde	0:21:30	0:01:05
Fazer altura de molde	0:25:30	0:04:00
Apertar garras	0:33:00	0:07:30
Conectar refrigeração	0:35:00	0:02:00
Arrumar cabo da camara quente	0:35:45	0:00:45
Ligar termogel	0:36:25	0:00:40
Conectar camara quente	0:37:00	0:00:35
Soltar e afastar talha	0:37:45	0:00:45
Puxar OP do wonder	0:41:40	0:03:55
Puxar programa da peça	0:42:50	0:01:10
Limpar molde	0:46:45	0:03:55
Localizar garra do robô	0:47:10	0:00:25
Ajustar Camara Quente	0:48:18	0:01:08
Retirar Matéria Prima do funil	0:48:50	0:00:32
Levar Materia Prima para Silo	0:50:00	0:01:10
Trazer Materia Prima para máquina	0:50:20	0:00:20
Limpar Funil	0:52:55	0:02:35
Colocar Mangueira que caiu do funil	0:53:45	0:00:50
Ligar Piovan	0:54:40	0:00:55
Ajuste abertura fechamento	0:58:35	0:03:55
Limpar Cilindro	1:11:10	0:12:35
Recolher canal	1:13:30	0:02:20
Guardar protetivo e chaves	1:14:10	0:00:40
Guardar engates retirar do molde anterior o retorno	1:15:58	0:01:48
Pegar Material	1:18:00	0:02:02
Passar Estearato	1:18:20	0:00:20
Descarregar material	1:20:40	0:02:20
Regular injeção	1:22:25	0:01:45
Ajustar travamento	1:23:00	0:00:35
Regulagem de Máquina	1:31:50	0:08:50

APÊNDICE B – Quadro combinado do estado inicial do processo de produção



APÊNDICE C – Quadro combinado do estado final do processo de produção

