

CENTRO PAULA SOUZA
COMPETÊNCIA EM EDUCAÇÃO PÚBLICA PROFISSIONAL

Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza
GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

FACULDADE DE TECNOLOGIA DE TAQUARITINGA

**ANÁLISE SOBRE O MAPEAMENTO DO FLUXO DE
VALOR: UMA FERRAMENTA DO SISTEMA DE
PRODUÇÃO ENXUTA**

Autor: Mônica Frigeri

Orientador: Prof. Ms. Carlos Roberto Regattieri

Taquaritinga
2008

ANÁLISE SOBRE O MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR: UMA FERRAMENTA DO SISTEMA DE PRODUÇÃO ENXUTA

MÔNICA FRIGERI

Monografia apresentada à Faculdade de Tecnologia de Taquaritinga, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Tecnólogo em Produção com Ênfase Industrial.

Orientador: Prof. Ms. Carlos Roberto Regattieri

Taquaritinga
2008

Dedico,

Aos meus pais, Mauro e Vanderli, que me serviram como base e exemplo de determinação para atingir meus objetivos almejados.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a todos os professores que, de alguma maneira, contribuíram para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho.

Ao Professor Carlos Roberto Regattieri, meu orientador, por depositar sua confiança no meu trabalho e por me aturar diversas vezes nas conversas por e-mail, telefone e pessoalmente.

A todos os professores da FATEC – Taquaritinga que me proporcionaram a excelente formação acadêmica que possuo e que me mostraram os caminhos para a “Produção Enxuta”.

Aos professores do GEEIN – Grupo de Estudos em Economia Industrial, que me incentivaram e me deram forças para a continuidade dos meus estudos.

Agradeço em especial o Professor João Furtado (POLI-USP), meu co-orientador, que por diversas vezes me cobrou os resultados deste trabalho e por quem eu considero como um verdadeiro amigo, além de chefe e, o Professor Rogério Gomes (FCLAr-UNESP), outro chefe e amigo que acompanhou de perto as etapas dos meus estudos.

Um agradecimento especial ao Professor Luis Carpinetti (EESC-USP) que me ajudou com trabalhos, artigos e textos sobre o tema estudado e que me recebeu em sua sala para me ajudar a “desenrolar” este trabalho.

Agradeço humildemente à minha família que sempre confiou em mim, no meu esforço, na minha luta constante para concluir meu curso e minha monografia e que sempre lutou junto comigo em todas as minhas conquistas.

À minha mãe, que ficava acordada esperando eu voltar de Taquaritinga todas as noites e que me apoiava quando, muitas vezes, pensei em desistir desta e de outras batalhas que passei.

Ao meu pai, que por diversas vezes me buscou (e levou) no ponto de ônibus para a faculdade e que me agüentou explicando os sistemas de produção durante esses três últimos anos.

Ao meu querido irmão, Maurinho, que também me buscava e levava ao ponto de ônibus para eu conseguir chegar à aula a tempo. Ele que diversas vezes estava cheio de trabalho, mas que parava o que estava fazendo para me ajudar.

Aos demais familiares só tenho a agradecer por sempre me dizerem: Você vai conseguir! Isso me motivou, me fez chegar aonde cheguei e, com certeza, me ajudará a chegar mais longe.

Aos meus amigos que sempre estiveram do meu lado em todos os momentos: Marília Milanezi, minha amiga-irmã e companheira da faculdade, Natália Vicente, amiga-irmã de Araraquara, Natália Lugli, amigona-irmã de Taquaritinga que me recebia em sua casa toda vez que eu dormia em Taquaritinga City, Ana Diegues que pelo pouco tempo de amizade se tornou uma pessoa muito especial, a Frávia, amiga-irmã mineira que a distância só faz aumentar a saudade e a uma amiga que quase não vejo, mas que meu sentimento de carinho e admiração só aumenta a cada vez que nos encontramos, Raíssa, amiga de longa data!

Agradeço a todos os meus amigos, que graças a Deus são muitos e não conseguiria descrever todos e o que fizeram por mim, mas alguns nomes podem ser citados: Marcel (Doug), Wilson Veiga, Emilio, Junior, Luiz Gustavo, Paty Muriel, Camila Américo, Luiz Thiago (Buião), Panela, Brunão, Heitori, Lukera, Tiago (pólo de informática – UNESP), Ricardóviski (amiguinho do coração), Guga, a todo o pessoal da Skull que eu amei conhecê-los e que também me aturaram por diversas vezes e a todos os amigos que infelizmente não consegui citá-los aqui, mas que com certeza absoluta têm um cantinho guardado no meu coração.

A uma grande amiga que eu nunca esquecerei, Priscila Bueno, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando, me fazendo rir, me acompanhando em várias etapas e, que infelizmente não está mais aqui, mas com certeza estará sempre presente em meu coração. Deus a escolheu para estar do lado dele, pois precisava de flores para enfeitar o seu jardim e amigos-anjos para olhar por nós lá de cima!

Agradeço a todo o pessoal do GEEIN, alunos, professores, colaboradores, agregados etc., pela infra-estrutura (física e acadêmica) que me ajudou durante meus estudos na faculdade e minha monografia. A Anelise Pianna (mestranda) que me ajudou muito e que se mostrou uma amiga de verdade que está pronta para o que der e vier, Diogo, Charles, Conrado, Milene,

Gustavo, Paulo, Bruna, Murilo, Jefferson, Christoffer e Lúcia Centurião pela paciência de trabalharem junto comigo. Aos antigos GEEInícios por toda a colaboração pessoal e profissional: Vanderléia, Thays, Juliana, Wellington, Andréa O., João Paulo, Maria Clara, Camila, Marcela, Daiane, Ana Baradel, Eduardinho e todos os demais que fizeram parte deste grupo repleto de talentos!

Agradeço também a todo o pessoal da Padóca (Taquaritinga) que nos ajudou a passar o tempo vago às esperas dos ônibus: o meu muito obrigada pelos *chopps* na faixa que recebi nos meus aniversários (que chegavam a ser 03 por ano)!!!!

E por último e mais importante: agradeço a Deus pela minha vida, pela minha família, pela possibilidade de continuar meus estudos, pelos amigos que conquistei no decorrer de minha trajetória, pela oportunidade de conhecer e trabalhar com pessoas maravilhosas que me ensinaram muito mais do que eu poderia imaginar e por permitir que este trabalho fosse concluído.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO.....	12
Contextualização e Justificativa	12
Objetivo	13
Metodologia de Pesquisa	13
1. EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS	14
2. FUNDAMENTOS DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO	16
2.1. Princípio do “não-custo”	19
2.2. Perdas no processo de produção.....	20
2.2.1. Perdas por superprodução.....	20
2.2.2. Perdas por espera	21
2.2.3. Perdas por transporte	22
2.2.4. Perdas no próprio processamento	22
2.2.5. Perdas por estoque	23
2.2.6. Perdas por movimentação.....	24
2.2.7. Perdas por fabricação de produtos defeituosos	24
2.3. Pilares do Sistema Toyota de Produção	25
2.4. <i>Just-in-Time</i>	26
2.4.1. Fluxo Contínuo	27
2.4.2. <i>Takt-Time</i>	28
2.4.3. Produção Puxada	28
2.5. <i>Jidoka</i>	29
2.5.1. Separação Homem/ Máquina.....	31
2.5.2. <i>Poka-Yoke</i>	32
2.6. Operações Padronizadas	33
2.7. <i>Heijunka</i>	34
2.8. <i>Kaizen</i>	35
2.9. Estabilidade	37
3. PENSAMENTO ENXUTO.....	38
3.1. Implementação do <i>Lean Thinking</i>	39
3.1.1. Especificação do Valor.....	39
3.1.2. Identificação da Sequência das Atividades – Cadeia de Valor	40
3.1.3. Identificação do Fluxo	41
3.1.4. Sistema de Produção Puxada.....	41
3.1.5. Busca pela Perfeição.....	42
3.2. Ferramentas da Produção Enxuta	42
3.2.1. Mapeamento do Fluxo de Valor	42
3.2.2. Limpeza e Organização (5S)	43
3.2.3. <i>Layout</i> Celular	44
3.2.4. Manutenção Produtiva Total	45
3.2.5. Controle de Qualidade Zero Defeitos.....	46
3.2.6. Troca Rápida de Ferramentas	47
4. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR.....	48
4.1. Passos para o Mapeamento do Fluxo de Valor.....	50

4.2. Análise do Estudo de Caso	55
4.2.1. Mapeamento do Estado Atual.....	56
4.2.2. Mapeamento do Estado Futuro.....	59
4.3. Planos de Trabalho e Implementação.....	61
CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Produção Mundial de Veículos Motorizados (1955-1988).....	18
Figura 02: A Estrutura do Sistema Toyota de Produção	26
Figura 03: Fluxo Interrompido e Fluxo Contínuo	27
Figura 04: Modelo de Cartão Kanban de Retirada (Movimentação)	29
Figura 05: Exemplo de <i>Jidoka</i> na linha de montagem	31
Figura 06: Separação entre o Homem e a Máquina.....	32
Figura 07: Exemplo de <i>Poka-Yoke</i>	33
Figura 08: Linha de montagem nivelada	35
Figura 09: Ciclo PDCA	36
Figura 10: Atividades do processo produtivo.....	40
Figura 11: 5S	44
Figura 12: Matriz da família de produtos	50
Figura 13: Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor.....	53
Figura 14: Ícones para o Mapeamento do Fluxo de Valor	54
Figura 15: Mapa do Estado Atual.....	58
Figura 16: Mapa do Estado Futuro	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Nivelamento da Produção de 05 Modelos	34
Tabela 02: 5W1H.....	46
Tabela 03: Indicadores de Desempenho do Estado Futuro	61
Tabela 04: Indicadores X Ferramentas e Técnicas	61

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCQ – Círculos de Controle de Qualidade

CEP – Controle Estatístico do Processo

CQZD – Controle de Qualidade Zero Defeitos

JIT – *Just-in-Time*

MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor

MPT – Manutenção Produtiva Total

OTED – Troca de Ferramentas em um Único Toque

STP – Sistema Toyota de Produção

TQC – *Total Quality Control*

TRF – Troca Rápida de Ferramentas

RESUMO

Atualmente as organizações se deparam com um mercado consumidor exigente e com uma grande concorrência. Isso faz com que seja necessário a utilização de métodos, ferramentas, técnicas e sistemas que auxiliem na tomada de decisões, no funcionamento das atividades e nos procedimentos em geral. A Produção Enxuta é um princípio baseado no Sistema Toyota de Produção (STP) que visa a identificação e eliminação de toda e qualquer perda existente em um processo produtivo. O presente trabalho conceitua a ferramenta do sistema de Produção Enxuta denominada Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). Essa ferramenta é essencial e considerada por muitos estudiosos como o antídoto dos desperdícios dos processos fabris, pois identifica as perdas nas suas fontes. Outro objetivo do MFV é a integração de ferramentas e técnicas enxutas que proporcionam a redução do *lead-time* e dos custos de produção. O MFV permite a visualização de todo o fluxo tornando as decisões visíveis, além de fornecer uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura. Essa ferramenta forma a base para um plano de implementação, identificando a relação entre o fluxo de material e o fluxo de informação.

ABSTRACT

Nowadays the organizations find an exigent consumer market and high competition. It makes the utilisations of method, tools, technics and systems necessary to help with the making decisions, the functionalism of the activities and with the general procedures. The Lean Production is a principle based on the Toyota Production System (TPS) that aims to identify and eliminate any loss in the the productive process. The present paper evaluate the tools of the Lean Production named as Value Stream Mapping (VSM). This is an essencial tol and it is considered by many experts as the antidote for the waste at the factorying process because it identifies the loss in its source. Another aim of the the VSM is the integration of the tools and lean technics that provides the lead-time and production costs reduction. The VSM allows the visualisation of the whole stream, making the decisioins visible and also provides a same language to deal with the manufacture processes. This tool makes the base for an implementation plan, identifing the relation between the stream of material and the stream of information.

INTRODUÇÃO

Contextualização e Justificativa

A necessidade de se tornarem competitivas oferecendo produtos com qualidade e confiabilidade aos consumidores, faz com que as empresas adotem sistemas que auxiliem e proporcionem maior segurança durante o processo de manufatura. Esses sistemas preparam as empresas para as mudanças internas e externas ao ambiente empresarial, para continuarem atuando e competindo no mercado.

O Sistema de Produção Enxuta, conhecido também como Sistema Toyota de Produção, proporciona a aplicação de métodos como o *Just-in-Time*, *Kanban*, *Jidoka* e outros que auxiliam e dão suporte ao processo produtivo, minimizando os custos, aumentando a qualidade e fornecendo um ambiente seguro aos seus colaboradores.

O Mapeamento do Fluxo de Valor, uma das ferramentas da Produção Enxuta, tem como objetivo principal o fluxo de valor enxuto da matéria-prima ao produto acabado, ou seja, permite que a empresa enxergue todo o fluxo de valor do processo produtivo de um produto ou determinada família de produtos, identificando os desperdícios e as atividades que agregam valor ao produto final (LUZ & BUIAR, 2004).

Segundo Luz & Buiar (2004), esta ferramenta é considerada essencial para as organizações que desejam implementar o Pensamento Enxuto no seu cotidiano, pois direciona as tomadas de decisões em relação ao fluxo, possibilitando ganhos em indicadores de desempenho. Ademais proporciona expressivas reduções das movimentações, do *lead-time* e da quantidade de pessoas envolvidas (RENTES *et al*, 2004).

Objetivo

O presente trabalho tem por objetivo conceituar o Sistema de Produção Enxuta, enfatizando a ferramenta Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) como um antídoto aos desperdícios possíveis num processo produtivo. Essa ferramenta é essencial para a *Lean Production* que, com base no Sistema Toyota de Produção, tem como objetivo principal satisfazer os clientes melhorando continuamente seus produtos e processos produtivos.

Metodologia de Pesquisa

Os estudos para a realização do presente trabalho foram separados em duas fases: i) levantamento bibliográfico e ii) análise da aplicação prática da ferramenta MFV.

O levantamento bibliográfico, que engloba desde o surgimento do Sistema Toyota de Produção até o Pensamento Enxuto foi realizado com leituras sistemáticas de livros, artigos, trabalhos sobre o tema e sítios internéticos. Todas as leituras feitas foram fichadas e documentadas para melhor compreensão.

A análise do estudo de caso foi feita com base em estudos da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/ USP). Foi utilizado um estudo de caso específico que não demonstrou como foi realizada a implementação do estado futuro, bem como suas técnicas e ferramentas. Por este motivo, a análise se baseou na identificação destas ferramentas e técnicas utilizadas.

1. EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS PRODUTIVOS

A Revolução Industrial, ocorrida em meados do séc XVIII, proporcionou grandes avanços tecnológicos nas atividades produtivas, que anteriormente eram realizadas manualmente por artesãos e aprendizes em suas oficinas. Sua principal característica foi a mecanização dos sistemas de produção, a começar pela substituição da força do homem e da água pela força mecanizada. Além disso, constituiu um conjunto de mudanças tecnológicas com profundos impactos nos níveis econômicos e sociais.

A Revolução Industrial marcou o início da produção industrial moderna, com a utilização intensiva de máquinas, criação de fábricas, transformações urbanas e rurais e também com alguns movimentos de trabalhadores que lutavam por melhores condições de trabalho; já que no início desse novo período, as fábricas não tinham ambientes adequados e a maioria dos empregados chegava a cumprir 18 horas por dia. A Revolução Industrial permitiu não somente o desenvolvimento de maquinarias utilizadas nos sistemas fabris, mas também a maneira de planejar a produção e de controlar os trabalhadores.

O início do séc XX foi marcado por uma grande explosão de produção devido à ampliação da força de trabalho, ao surgimento de novos mercados e ao desenvolvimento dos sistemas de transporte nos Estados Unidos no período Pós Guerra Civil. Isso fez com que as formas de administração de produção fossem analisadas e modificadas com o objetivo de atender o “novo” mercado.

Ainda no séc XX, o engenheiro Frederick Taylor, considerado o pai da Administração Científica, desenvolveu um estudo sobre os problemas fabris da época. Taylor iniciou o seu estudo observando o trabalho dos operários, pois buscava um maior rendimento na execução de suas tarefas.

O “Estudo dos Tempos e Métodos”, realizado por Taylor, buscava o trabalhador ideal para realizar uma atividade específica, da melhor maneira possível e com a menor duração de tempo de execução (MENEZES, 2003).

A partir dos estudos realizados por Taylor, o empresário Henry Ford, fundador da *Ford Motor Company*, desenvolveu outras técnicas avançadas para a época. Ele aperfeiçoou as linhas de montagem, tornou-as mecanizadas e desenvolveu um modelo de produção em massa, que barateava o custo do produto final, proporcionava um maior volume de produção, além de predominar a especialização e divisão do trabalho.

O método de produção Fordista exigia grandes investimentos e instalações, os veículos eram montados em esteiras rolantes que se movimentavam enquanto o operário ficava praticamente parado, realizando uma pequena etapa da produção (linha de produção em movimento contínuo). Sendo assim, o esforço necessário para a produção, se reduziu em 90% (WOMACK & JONES, 2004). No entanto, os autores ressaltam que esse método era eficiente somente quando o volume de produção era suficientemente alto, justificando a linha de montagem de alta velocidade.

A partir de 1945, com o término da Segunda Guerra Mundial, o Japão iniciou a produção de carros de passeio, que até então eram somente fabricados nos Estados Unidos e na Europa. Entretanto, o mercado consumidor japonês era restrito e demandava diversos modelos diferentes, que impedia a adoção do sistema de produção em massa desenvolvido por Taylor e Ford, e que predominou até a década de 90.

Ao final da Segunda Guerra Mundial, surge então, o Sistema Toyota de Produção, desenvolvido por Taiichi Ohno, engenheiro e ex-vice presidente da *Toyota Motors*, com o objetivo de atender o mercado japonês e suas particularidades. Ohno começou a examinar o que poderia ser alterado na linha de produção baseada no sistema de produção em massa.

O Sistema Toyota de Produção é referenciado atualmente como Sistema de Produção Enxuta e, de acordo com Ghinato (2000), é “muito mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produção em massa; um sistema habilitado a enfrentar melhor um mercado em constante mudança”.

2. FUNDAMENTOS DO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

De acordo com Ghinato (2000), o interesse da família Toyoda pela indústria automobilística teve início após a primeira viagem de Sakichi Toyoda aos Estados Unidos em 1910, quando visitou a fábrica da Ford. Na época, a família Toyoda era dona da grande fabricante de equipamentos e máquinas têxteis, *Toyoda Automatic Loom Works* e, em decorrência das visitas a Ford, Kiichiro Toyoda, filho do fundador Sakichi Toyoda, criou um departamento automobilístico na empresa, confiando de que a indústria automobilística se tornaria em breve, o carro-chefe da indústria mundial.

A princípio, a especialidade da *Toyota Motors*, fundada em 1937, era voltada aos caminhões para as forças armadas. Porém, tinha como objetivo atuar na produção em larga escala de carros de passeio e caminhões comerciais (GHINATO, 2000). O que impediu e adiou as pretensões da Toyota em alcançar o seu objetivo foi a participação do Japão na 2ª Guerra Mundial.

O autor afirma que após o término da 2ª Guerra Mundial, a Toyota retomou os planos de tornar-se uma grande montadora, mas a distância que a separava das concorrentes americanas era monstruosa; além disso, claramente podia se observar que a produtividade dos operários americanos era quase 10 vezes maior que as dos operários japoneses.

Isso fez com que o presidente Kiichiro Toyoda afirmasse que era preciso alcançar os Estados Unidos em três anos, caso contrário, a indústria automobilística japonesa não iria sobreviver (KLIPPEL, 2008). Este fato “acordou” e motivou os japoneses a alcançarem os Estados Unidos.

Por meio de estudos, os japoneses identificaram que o sistema de produção em massa americano possibilitava a produção industrial em grandes quantidades e a redução de custos de produção. A Toyota tentou por várias vezes a adoção desse sistema de produção, com o intuito de reproduzir a organização e os resultados obtidos na Ford.

A adoção do sistema de produção em massa não foi possível na Toyota por causa das particularidades do mercado consumidor japonês, que era limitado e demandava diversos modelos diferentes de automóveis. Essa característica não justificava – e na verdade impedia – os gastos com a implantação do sistema de produção em massa (MATAR & AQUINO, 1997 *apud* MENEZES, 2003).

Em 1956, o então engenheiro-chefe da Toyota, Taiichi Ohno, em visitas às fábricas da Ford, notou que a produção em massa necessitava de melhorias para que pudesse ser aplicada em um mercado exigente de demanda variada de produtos, que era a realidade do mercado japonês. A partir daí ele começou a examinar o que poderia ser alterado na linha de produção.

Sua análise apontou que as tarefas deste sistema de produção eram repetitivas e, em sua maioria, não agregavam valor ao produto final. Além disso, existia uma forte divisão do trabalho (projeto e execução), a qualidade era negligenciada no decorrer do processo de fabricação e havia grandes estoques intermediários de inúmeros componentes (GHINATO, 2000).

Esses estudos incentivaram a criação de um novo modelo de produção, conhecido como o “Sistema Toyota de Produção” (STP), que tinha como objetivo principal atender as necessidades e requisitos do mercado japonês; utilizando-se de algumas características da produção especializada (alta qualidade e customização de produtos) e da produção em massa (produção em larga escala para atender à demanda com preços reduzidos) (MENEZES, 2003).

Para Ohno (1997 *apud* Klippel, 2008), o motivo que justificava a superioridade da produtividade americana com relação à japonesa era somente um: existiam perdas no sistema de produção japonês. Este fato serviu para a estruturação de um processo sistemático de identificação e eliminação de perdas (GHINATO, 2000).

Na década de 70, a crise do petróleo acabou trazendo grandes problemas e prejuízos a milhares de empresas com o aumento do preço do barril e com as mudanças na relação entre oferta e demanda, que afetou toda a economia mundial. Ghinato (2000), afirma que, em meio a esta crise, a Toyota se destacou como umas das poucas empresas que escaparam praticamente ilesas dos efeitos que foram causados.

Este acontecimento intrigou especuladores do mundo todo: “Qual o segredo da Toyota?”. De acordo com uma pesquisa realizada por Womack (2004, *apud* Klippel, 2008), a participação japonesa na produção mundial de veículos saltou de 4% em 1961 para 29% em 1988 (figura 01).

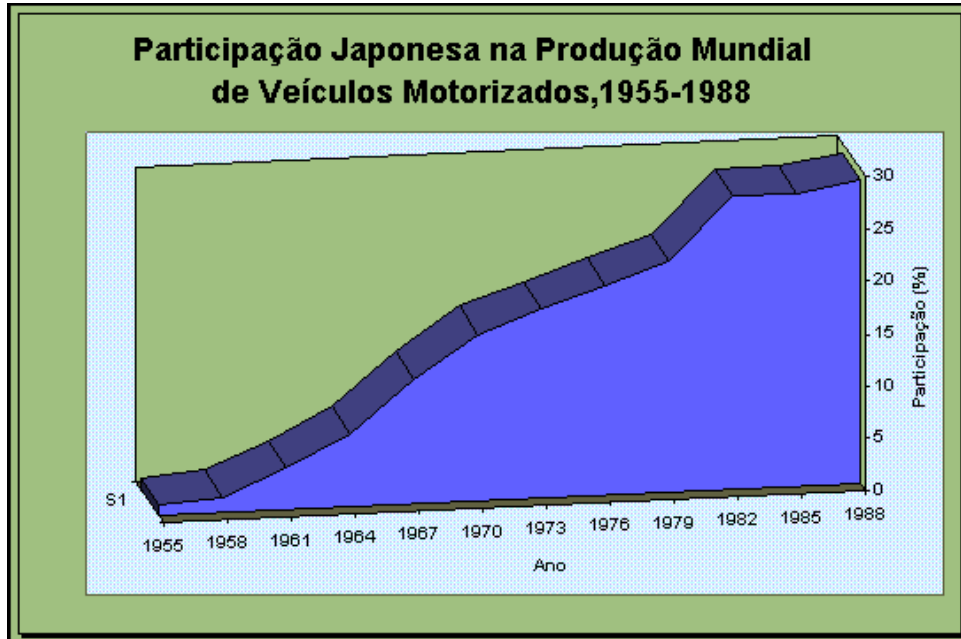


Figura 01: Produção Mundial de Veículos Motorizados (1955-1988)
FONTE: Klippel (2008)

Segundo Klippel (2008), antes desta crise as organizações realizavam a produção em massa, e o mercado comprava tudo o que se produzia; porém após a crise, o excesso da oferta fez com que o mercado se tornasse mais exigente e com que as empresas buscassem a sua sobrevivência através da diferenciação ou variabilidade de seus produtos. Este era justamente o principal objetivo do Sistema Toyota de Produção: alta variedade em pequenas quantidades.

Contudo, a essência do Sistema Toyota de Produção é a identificação e eliminação de toda e qualquer perda do processo produtivo. Shingo (1996) afirma que esse sistema é composto em 80% de eliminação das perdas, 15% de um sistema de produção e 5% de *Kanban*¹.

Shingo (1996) ressalta que antes de se estudar o Sistema Toyota de Produção, é preciso entender a função da produção como um todo. Segundo ele, produção é uma rede de processos e operações; sendo que processo é a transformação da matéria-prima em produto semi-acabado ou acabado e operação é o trabalho realizado para efetivar essa transformação. A análise do processo examina o fluxo de material ou produto e a análise de operações examina o trabalho realizado sobre os produtos pelo trabalhador e pela máquina (SHINGO, 1996).

A separação nos conceitos de processo e operação reforça a afirmação de Shingo de que a melhoria das operações individuais não aumenta a eficiência global do processo e que

¹ Conforme será visto no item 2.4.3 deste trabalho.

para maximizar a eficiência da produção é necessário analisar profundamente e melhorar o processo antes de tentar melhorar as operações. É denominada perda qualquer atividade que não contribui para as operações (SHINGO, 1996 *apud* MENEZES, 2003).

Segundo Ohno (1997 *apud* Menezes, 2003), desperdício é entendido como todo elemento de produção que eleva os custos sem representar valor no produto, por exemplo, excesso de pessoas, estoques e equipamentos.

2.1. Princípio do “não-custo”

As análises feitas por Ohno (1997 *apud* Klippel, 2008), na Toyota, mostraram que segundo a lógica tradicional, o preço do produto final era imposto ao mercado como resultado de um dado custo de produção somado a uma margem de lucro desejada.

A equação que descreve a antiga atuação das organizações no mercado é:

$$\text{Preço de Venda} = \text{Custo} + \text{Lucro}$$

De acordo com Klippel (2008), Ohno notou que a aplicação desta equação fazia com que o consumidor fosse o responsável por todo o custo de fabricação e, segundo Ghinato (2000), o fornecedor transferia aos clientes os custos adicionais decorrentes da eventual ineficiência de seus processos de produção.

A competitividade acirrada e o surgimento de um mercado consumidor mais exigente fizeram com que o preço do produto final fosse determinado pelo mercado e não mais pelo fornecedor. Isso fez com que a única maneira de aumentar ou manter o lucro fosse através da redução dos custos.

Desta forma, a equação passou a ser definida da seguinte maneira:

$$\text{Preço de Venda} - \text{Custo} = \text{Lucro}$$

Segundo Shingo (1996), aplicando esta fórmula, que pressupõe que são os consumidores quem decide o preço de venda, o lucro é o que resta após a subtração do custo do preço final.

A Toyota, por sua vez, pretendia reduzir os custos por meio da eliminação das perdas que analisava detalhadamente na cadeia de valor, ou seja, os processos pelos quais passa o material desde a matéria-prima até se transformar em produto acabado.

Ohno (1997 *apud* Klippel, 2008) diz que “a redução de custos deve ser o objetivo dos fabricantes de bens de consumo que busquem sobreviver no mercado atual”. Shingo (1996

apud Klippel, 2008) reforça que isto implica na realização de esforços implacáveis para cortar custos, sem os quais uma empresa não sobrevive.

2.2. Perdas no processo de produção

O Sistema Toyota de Produção procura por todos os tipos de desperdícios, principalmente aqueles que não são notados porque se tornaram aceitos como parte natural do trabalho diário (SHINGO, 1996).

Com o intuito de identificar e eliminar as perdas, os japoneses identificaram sete grandes grupos, que são as principais formas de desperdícios na indústria:

- 1) Perdas por superprodução;
- 2) Perdas por espera;
- 3) Perdas por transporte;
- 4) Perdas no próprio processamento;
- 5) Perdas por estoque;
- 6) Perdas por movimentação;
- 7) Perdas por fabricação.

A Toyota, segundo Shingo (1996), descobre e implementa soluções que impedem de forma definitiva a recorrência dos problemas no sistema fabril. Se uma organização quer prevenir a repetição do problema, deve primeiramente identificar e tomar conhecimento da causa básica desse problema.

O autor descreve que o processo é constituído por quatro componentes: i) processamento, ii) inspeção, iii) transporte e iv) espera. Dentre esses componentes, apenas o processamento agrega valor ao produto, os demais podem ser vistos como desperdício.

2.2.1. Perdas por superprodução

Ghinato (2000) afirma que esse tipo de perda é a mais danosa entre as demais, pois ela pode esconder as outras e é a mais difícil de ser eliminada. É dividida em dois subgrupos: i) superprodução por quantidade e ii) superprodução antecipada.

A superprodução por quantidade é aquela que produz além do volume programado ou solicitado com o objetivo de “compensar” a produção de produtos defeituosos ou para fazer estoque. Na Toyota, este é um tipo de perda inadmissível e está completamente eliminada.

Por outro lado, a superprodução antecipada é decorrente de uma produção realizada antes do momento necessário, ficando assim peças estocadas aguardando a ocasião de serem consumidas ou processadas pelas etapas posteriores (GHINATO, 2000). Esta é a perda mais perseguida no Sistema Toyota de Produção.

De acordo com Menezes (2003), o método usado para eliminar esse tipo de perda é o *Just-in-Time*², que será descrito posteriormente nos “Pilares do Sistema Toyota de Produção”.

2.2.2. Perdas por espera

Este tipo de perda se origina de um intervalo de tempo no qual nenhum processamento, transporte ou inspeção é executado (GHINATO, 2000). Dessa maneira os lotes ficam parados aguardando uma sinalização para seguirem no decorrer do processo. A perda por espera se dá principalmente pela falta de balanceamento do processo de produção que ocasiona a paralisação de postos de trabalho e resulta numa baixa taxa de ocupação de equipamentos (KLIPPEL, 2008).

É possível destacar três tipos de perda por espera: i) perda por espera no processo, ii) perda por espera do lote e iii) perda por espera do operador.

Segundo Ghinato (2000), a perda por espera no processo acontece quando o lote inteiro aguarda o término da operação que está sendo executada no lote anterior, até que a máquina, dispositivos e/ou operadores estejam disponíveis para o início da operação.

Já a perda por espera do lote corresponde à espera que cada peça componente de um lote é submetida até que todas as peças do lote tenham sido processadas para que possam seguir ao próximo passo ou operação.

Por fim, a perda por espera do operador se refere à ociosidade gerada quando este é forçado a permanecer junto à máquina para acompanhar e/ou monitorar o processamento do início ao fim ou devido ao desbalanceamento de operações. O que se refere aos períodos de tempo em que os trabalhadores e máquinas não estão sendo utilizados produtivamente enquanto seus horários estão sendo despendidos (MENEZES, 2003).

As perdas por espera ocorrem também durante o *setup* dos equipamentos e máquinas. Segundo Klippel (2008), o estudo da Troca Rápida de Ferramentas – TRF³, tem por finalidade reduzir este tipo de perda. Em função da demora para o *setup*, as organizações costumam

² Conforme será visto no item 2.4 deste trabalho.

³ Conforme será visto no item 3.2.6 deste trabalho.

aumentar o tamanho dos lotes para compensar as horas-homem gastas durante a preparação das máquinas. A adoção dos sistemas TRF e Troca de Ferramentas em um Único Toque (OTED - *One Touch Exchange of Die*), segundo Shingo (1996), reduzem os tempos de *setup* e eliminam a necessidade da utilização de grandes lotes.

2.2.3. Perdas por transporte

De acordo com Slack *et al* (2002), o transporte de materiais dentro da fábrica não agrega valor ao produto final, pois ele sempre estará da mesma forma no início e no fim do ciclo. No entanto a reorganização do arranjo físico para aproximar os estágios do processo, bem como o aprimoramento nos métodos de transporte e na organização do local de trabalho, podem reduzir este tipo de desperdício.

Ghinato (2000) afirma que a eliminação ou redução do transporte deve ser encarada como uma das prioridades no esforço de redução de custos porque, geralmente, essa atividade ocupa 45% do tempo total de fabricação de um item.

A princípio, devem ser realizadas melhorias como a alteração do *layout* que minimizam ao máximo ou eliminem a movimentação de materiais. Após serem realizadas estas possibilidades de melhorias no processo é que devem ser iniciadas as melhorias nas operações de transporte, como, por exemplo, a instalação de pontes rolantes e utilização de empilhadeiras.

2.2.4. Perdas no próprio processamento

Slack *et al* (2002) afirma que no próprio processo pode haver fontes de desperdício, pois algumas operações existem apenas em função do projeto ruim de componentes ou manutenção deficiente, podendo, portanto, ser eliminadas.

As perdas no próprio processamento, segundo Ghinato (2000) são aquelas que poderiam ser eliminadas sem afetar as características e funções básicas do produto/ serviço, e também aquelas situações em que o desempenho do processo se encontra desfavorável com relação à condição ideal.

Shingo (1996 *apud* Menezes, 2003) sugere que o processamento em si e as operações essenciais devem ser examinados cuidadosamente na busca de possíveis melhorias. Segundo

o autor, há duas formas de melhorar os processos para eliminar as perdas devido aos processamentos inadequados:

- 1) Melhorar o produto em si, por meio da Engenharia de Valor, onde se questiona como o produto pode ser redesenhado para manter a qualidade e ao mesmo tempo reduzir os custos de fabricação.
- 2) Melhorar os métodos de fabricação do ponto de vista da Engenharia de Produção ou da Tecnologia de Fabricação, para analisar como a fabricação de determinado produto pode ser melhorada.

A moldagem a vácuo para evitar rebarbagem e reduzir defeitos é um exemplo de melhoria do método de processamento (SHINGO, 1996).

2.2.5. Perdas por estoque

Para alguns administradores, os estoques de matéria-prima, produtos semi-acabados e produtos acabados proporcionam o alívio e a “segurança” de sincronia entre os processos, desde o recebimento de matéria-prima até o fornecimento de produto acabado.

Considerado por muitos autores como um “mal necessário”, os estoques podem esconder outros problemas no sistema de produção, como, por exemplo, a fabricação de produtos defeituosos.

Shingo (1996) afirma que processos ineficientes resultam em três tipos de estoques:

- 1) Estoque criado pela produção antecipada, quando os ciclos de produção são maiores que os ciclos de entrega ($P > E$);
- 2) Estoque produzido por antecipação como precaução em relação às flutuações da demanda;
- 3) Estoque produzido para compensar o deficiente gerenciamento da produção e as esperas provocadas pela inspeção e transporte.

Segundo o autor, existem estratégias com o intuito de atingir o ideal da produção com estoque zero, conforme descritas abaixo:

- 1) Reduzir drasticamente os ciclos de produção;
- 2) Eliminar as quebras e os defeitos, detectando suas causas para solucionar a raiz dos problemas;
- 3) Reduzir os tempos de *setup*, que possibilita a produção em pequenos lotes e permite respostas rápidas às flutuações da demanda.

Slack *et al* (2002) garante que só é possível reduzir os estoques por meio da eliminação das suas causas.

2.2.6. Perdas por movimentação

As perdas por movimentação se referem aos movimentos desnecessários realizados pelos operários durante a realização de uma tarefa. Ghinato (2000) afirma que para compreender e encontrar a raiz deste tipo de perda é necessário aplicar o estudo de tempos e movimentos. Segundo ele, a introdução de melhorias decorrentes deste estudo pode reduzir os tempos de operação de 10 a 20%.

Slack *et al* (2002) afirma que:

Um operador pode parecer ocupado, mas algumas vezes nenhum valor está sendo agregado pelo trabalho. A simplificação do trabalho é uma rica fonte de redução do desperdício de movimentação.

Esta simplificação ou racionalização dos movimentos pode ser obtida por meio da mecanização de operações, nas quais algumas das atividades manuais realizadas pelos operadores passam a ser realizadas pelas máquinas (GHINATO, 2000).

De acordo com Shingo (1996), a movimentação dentro do processo produtivo, mesmo que rápida e eficiente, pode não levar a nada, ou seja, pode não agregar valor ao produto final.

Vale ressaltar, conforme citado no item 2.2.3. que somente após terem sido realizadas todas as possibilidades de melhorias na movimentação dos operários e nas rotinas das operações, é que devem ser introduzidas melhorias nas operações via mecanização.

2.2.7. Perdas por fabricação de produtos defeituosos

É a perda que se caracteriza pela fabricação de produtos com qualidade fora de uma especificação ou padrão estabelecido e que não satisfaçam os requisitos de uso. Este tipo de desperdício só aumenta os custos de produção.

Conforme citado anteriormente, o Sistema Toyota de Produção identifica e elimina as perdas nos processos junto à causa-raiz do defeito. Portanto, a eliminação deste tipo de perda depende da aplicação sistemática de métodos de controle na fonte para identificar e prevenir a ocorrência destes produtos, ao invés de simplesmente identificar os produtos defeituosos (GHINATO 2000 & KLIPPEL, 2008).

O Sistema Toyota de Produção, segundo Shingo (1996), tem na inspeção o objetivo de prevenção para a ocorrência de tais problemas. De acordo com o autor, “a inspeção 100% é realizada nas partes previamente processadas visando a eliminar os itens defeituosos”; sendo assim, “defeito zero” é um dos objetivos do Sistema Toyota de Produção (MENEZES, 2003).

Shingo (1996) separa os tipos de inspeção em i) Inspeção por julgamento e ii) Inspeção Informativa. Segundo ele, a inspeção por julgamento descobre os defeitos enquanto a inspeção informativa faz com que seja reduzida a ocorrência destes defeitos.

A produção de produtos defeituosos significa desperdício de qualidade. Slack *et al* (2002) afirma que os custos totais de qualidade são muito maiores do que tradicionalmente têm sido considerados, sendo, portanto mais importante atacar as causas de tais custos.

2.3.Pilares do Sistema Toyota de Produção

Uma das respostas encontradas para explicar o sucesso da Toyota após a crise do petróleo, é a de que a concorrência acirrada existente naquela época impunha restrições à produção em larga escala. Na realidade, as organizações buscavam a redução de custos nos processos de produção para se manterem no mercado. A Toyota, por sua vez, estava concentrada na identificação e eliminação de perdas do processo produtivo antes mesmo da crise, o que proporcionou à empresa, vantagem frente às demais.

O Sistema Toyota de Produção, conhecido atualmente pelo termo “Produção Enxuta⁴”, é estruturado com base nos dois pilares principais de sua sustentação – *Just-in-Time* e *Jidoka*, além de outros componentes essenciais do sistema conforme demonstrado na figura 02.

⁴ Conforme será visto no item 3 deste trabalho.

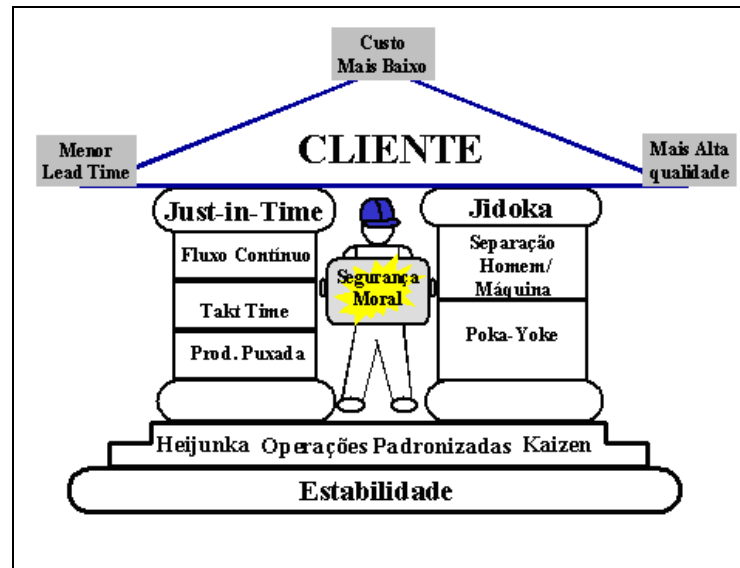


Figura 02: A Estrutura do Sistema Toyota de Produção
FONTE: Ghinato (2000)

De acordo com a estrutura representada acima, é possível enxergar claramente que o real objetivo do Sistema Toyota de Produção é atender da melhor maneira possível às necessidades do cliente, fornecendo-lhes produtos e serviços da mais alta qualidade, ao mais baixo custo e no menor *lead-time* possível (GHINATO, 2000). Deve-se considerar também que além dos itens citados, o STP proporciona um ambiente de trabalho seguro, no qual a moral e a satisfação dos trabalhadores são de extrema importância. Nos próximos itens segue a descrição detalhada dos pilares do Sistema Toyota de Produção.

2.4. *Just-in-Time*

Não é correto afirmar que o *Just-in-Time* é uma interpretação do Sistema Toyota de Produção, pois na verdade o JIT é apenas uma técnica de gestão incorporada à estrutura do STP, que é mais abrangente e que possui outras técnicas incorporadas a ele.

Ohno (1997 *apud* Ghinato, 2000) conceitua o JIT como uma idéia de Kiichiro Toyoda, que parte do princípio de que numa indústria, como a automobilística, “o ideal seria ter todas as peças ao lado das linhas de montagem no momento exato de sua utilização”. Esse conceito para o *Just-in-Time* explica a afirmação de Shingo (1996), na qual o autor descreve o JIT da seguinte forma: “produzir peças ou produtos exatamente na quantidade requerida – apenas quando são necessários, e não antes disso”; já que além do JIT, o STP realiza também a produção com estoque zero.

O objetivo do *Just-in-Time*, segundo Ghinato (2000) é identificar, localizar e eliminar as perdas, garantindo o fluxo contínuo de produção. O autor afirma ainda que, a viabilização do JIT depende de três fatores: i) fluxo contínuo, ii) *takt-time* e iii) produção puxada.

2.4.1. Fluxo Contínuo

A implementação de um fluxo contínuo no processo de fabricação de um produto implica na reorganização do *layout* fabril, transformando-os de *layouts* funcionais para *layouts* celulares. Nos *layouts* funcionais as máquinas se localizam agrupadas de acordo com seus processos (ex: grupo de fresas, grupo de prensas), já nos *layouts* celulares, as células são montadas de acordo com os diversos processos necessários para a fabricação de determinada família de produtos.

Ghinato (2000) afirma que o que realmente conduz ao fluxo contínuo de produção é a capacidade de implementação de um fluxo unitário de produção para que os estoques entre processos sejam eliminados completamente. Assim sendo, é possível eliminar as perdas por estoque, perdas por espera e reduzir o *lead-time* de produção, conforme demonstrado na figura 03.

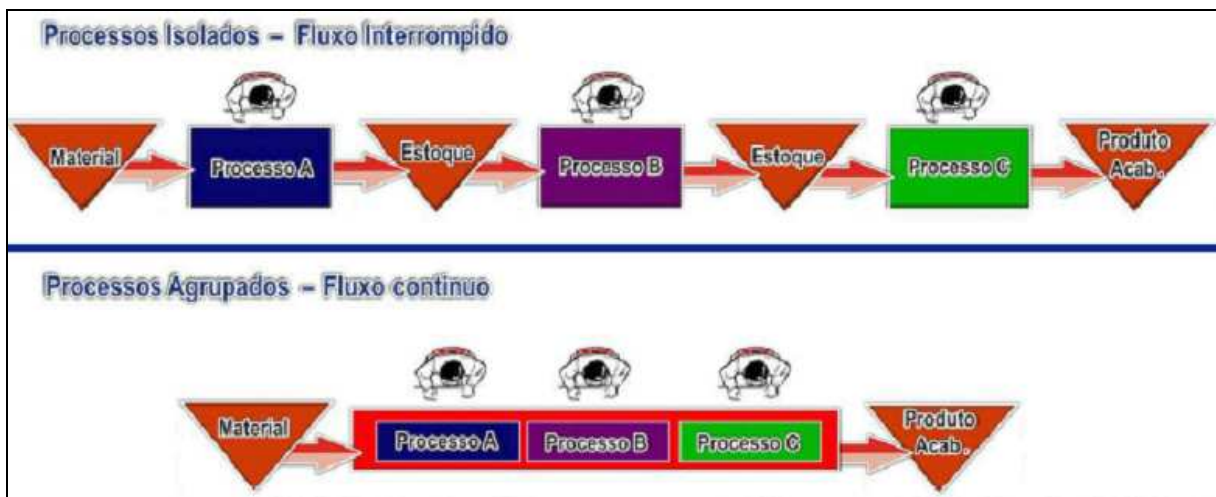


Figura 03: Fluxo Interrompido e Fluxo Contínuo
FONTE: Bouzon (2008)

2.4.2. *Takt-Time*

A implementação do JIT exige também um perfeito balanceamento das operações no decorrer do processo de fabricação, que está ligado ao conceito de *takt-time* (GHINATO, 2000).

Takt-time associa e condiciona o ritmo de produção ao ritmo de vendas, que na lógica da “produção puxada”, o fornecedor produz de acordo com a demanda do cliente. É possível analisar o *takt-time* pela seguinte fórmula:

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

Ghinato (2000) demonstra, que é possível calcular o *takt-time* conforme o seguinte exemplo:

Demanda = 576 peças/ dia

Tempo total disponível = 8 horas (28.800 segundos)

Takt-time = 28.800 segundos ÷ 576 peças = 50 segundos/ peça

2.4.3. Produção Puxada

A produção puxada evita a superprodução, uma vez que produz somente o que é vendido. No Sistema Toyota de Produção, o ritmo da demanda do cliente final é repercutido ao longo de toda a cadeia de valor; isto ocorre porque a informação de produção flui de processo em processo, em sentido contrário ao fluxo de materiais (GHINATO, 2000).

O sistema de produção puxada proporciona aos “processos-clientes” a possibilidade de “comprarem” o que precisarem quando for conveniente. Shingo (1996) compara esse tipo de produção como um supermercado. Para ele os clientes podem ir às prateleiras e apanharem o que quiserem, pois elas serão reabastecidas à medida que os produtos forem retirados.

Womack & Jones (2004) afirmam que “é preciso produzir o que os clientes querem, na hora que eles querem, pois assim uma empresa enxuta pode se utilizar de mecanismos que deixem o cliente puxar o produto quando necessário”.

Na Toyota, a produção puxada é viabilizada pelo *Kanban*, um sistema de comunicação entre as operações. O *Kanban* se constitui num método simples de controlar visualmente os processos, além de balancear a produção, eliminar as perdas e permitir reposição de estoques baseados na demanda (KLIPPEL, 2008).

O *Kanban* auxilia o sistema de produção puxada, pois o processo subsequente retira do processo precedente as peças e materiais necessários para sua utilização, bem como impede a produção e transportes excessivos e a fabricação de produtos defeituosos.

Slack *et al* (2002) define três tipos de *Kanbans*, i) *Kanban* de movimentação ou transporte; ii) *Kanban* de produção e iii) *Kanban* do fornecedor:

- 1) *Kanban* de movimentação ou transporte: usado para especificar o lugar de onde o componente deve ser retirado e sua destinação.
- 2) *Kanban* de produção: sinaliza o início de um processo para determinado item, especificando os materiais necessários, quantidades e outras informações relevantes para sua fabricação.
- 3) *Kanban* do fornecedor: é utilizado para avisar ao fornecedor a necessidade de envio de material para determinado estágio da produção. É normalmente utilizado com fornecedores externos.

O *Kanban* mais usado nos processos produtivos é o de produção e o de movimentação. A figura 04 demonstra um modelo de cartão *Kanban* de retirada (movimentação).

Prateleira Número		A61	Processo Precedente
Item Número		P-447	<i>Preparação da Moldura</i>
Descrição do Item		Moldura B	Processo Subsequente
			<i>Montagem</i>
Capacidade do contenedor	Tipo do contenedor	Número da Emissão	
10	A	3/4	

Kanban de Retirada

Figura 04: Modelo de Cartão Kanban de Retirada (Movimentação)
FONTE: Lemos (1999)

2.5. *Jidoka*

O *Jidoka* teve origem em 1924 quando Sakichi Toyoda verificou que as máquinas de tear da *Toyoda Automatic Loom Works*, não detectavam os problemas que ocorriam nas linhas de produção, como por exemplo, o rompimento de fios. Era necessário manter um funcionário

inspecionando a máquina durante todo o seu trabalho para tentar localizar tais problemas (KOSAKA, 2006).

Este tipo de controle detectava os problemas somente na conclusão do processo, o que implicava na fabricação de muito tecido defeituoso, além de desperdiçar o tempo de trabalho do operador incumbido para tal tarefa.

A partir de 1924, Sakichi Toyoda percebeu que era possível - e necessário - criar dispositivos para que as próprias máquinas detectassem esses problemas durante o processo de fabricação. Esses dispositivos auxiliam na busca dos defeitos e garantem que somente a quantidade programada seja produzida, pois as máquinas têm a capacidade de parar a linha de produção caso alguma anomalia seja encontrada. Ademais, os dispositivos dispensam a atenção constante do operador durante o processamento e viabilizam a supervisão simultânea de diversos teares.

Tendo em vista os benefícios proporcionados por esses dispositivos, Ohno formulou a seguinte questão: “Porque uma pessoa na *Toyota Motor Company* é capaz de operar apenas uma máquina enquanto na fábrica têxtil Toyoda uma operadora supervisiona cerca de 40 a 50 teares automáticos?”. Ghinato (2000) afirma que a resposta estava claramente visível, pois as máquinas da Toyota não estavam preparadas para parar automaticamente quando atingissem o volume de produção programado ou quando algo anormal acontecesse. Essa percepção fez com que Ohno adotasse o mesmo procedimento nas máquinas da Toyota, dotando-lhes de “inteligência” para identificar tais fatos.

“*Jidoka* consiste em facultar ao operador ou à máquina a autonomia de parar o processamento sempre que for detectada qualquer anomalia” (GHINATO 2000). Segundo o autor, a palavra *Jidoka* (ou automação) significa apenas automação, enquanto na verdade a expressão *Ninben no aru Jidoka* traduz o verdadeiro significado do conceito: máquina dotada de inteligência e toque humano.

A figura 05 exemplifica um modelo de *Jidoka* na linha de montagem da Toyota. Um torquímetro emite sinal sonoro quando o equipamento não está na posição pré-determinada e assegura que o torque seja medido garantindo a qualidade dentro do processo.

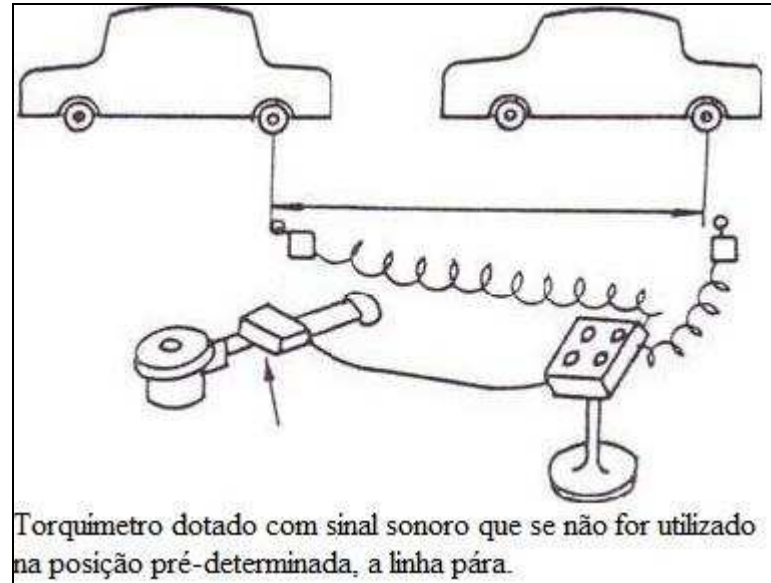


Figura 05: Exemplo de *Jidoka* na linha de montagem
FONTE: Kosaka (2006)

Devido à implementação do *Jidoka* nas linhas de montagem da Toyota, o rendimento da produção chega aos 100%, ou seja, praticamente não há paradas.

Os dispositivos utilizados no *Jidoka* são conhecidos como *Poka-Yoke* e sua utilização proporciona a Separação Homem/ Máquina conforme descrito nos itens seguintes.

2.5.1. Separação Homem/ Máquina

Como fora citado anteriormente, a utilização de dispositivos capazes de identificar anormalidades no processo promoveu a separação entre o homem e a máquina. Essa separação, de acordo com Ghinato (2000), é um requisito fundamental para a implementação do *Jidoka*, pois na prática a separação ocorre entre a detecção da anormalidade (máquina) e a solução do problema (homem).

A separação entre o homem e a máquina pode ser observada na figura 06, onde é possível observar que a “inteligência” das máquinas permite que o trabalhador opere mais uma delas simultaneamente.

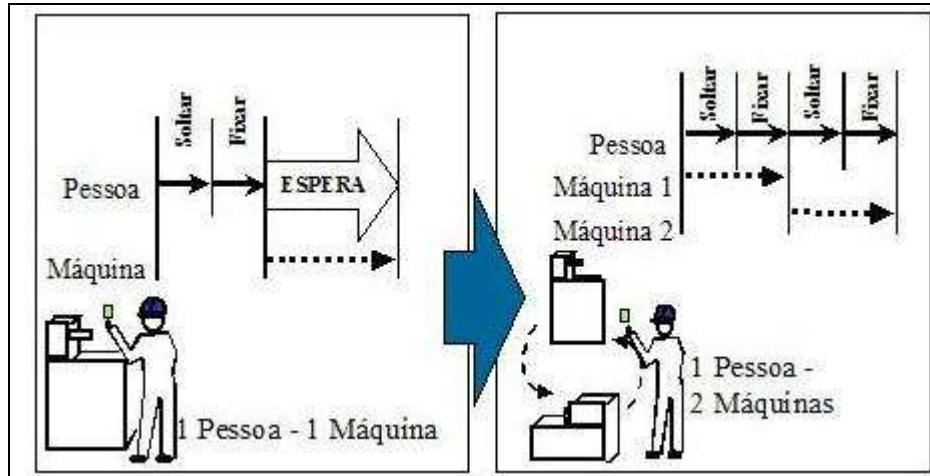


Figura 06: Separação entre o Homem e a Máquina
FONTE: Ghinato (2000)

2.5.2. Poka-Yoke

Poka-Yoke são os dispositivos pelos quais o *Jidoka* é colocado em prática, pois são os mecanismos de detecção de anormalidades que, acoplados a uma operação, impedem a execução irregular de uma atividade (GHINATO, 2000).

Kosaka (2006) descreve que o *poka-yoke* não permite que algo errado seja realizado no processo. Segundo ele, existem regras para a implementação do *poka-yoke*:

- tomar um processo piloto e fazer uma lista dos problemas mais comuns;
- priorizar os erros por ordem de frequência;
- priorizar os erros em ordem de importância;
- projetar dispositivos *poka-yoke* para impedir erros mais importantes das duas listas;
- sempre que economicamente viável, preferir a implementação dos dispositivos *poka-yoke* em substituição a outros métodos de inspeção.

A figura 07 abaixo demonstra a utilização de um dispositivo *poka-yoke*.

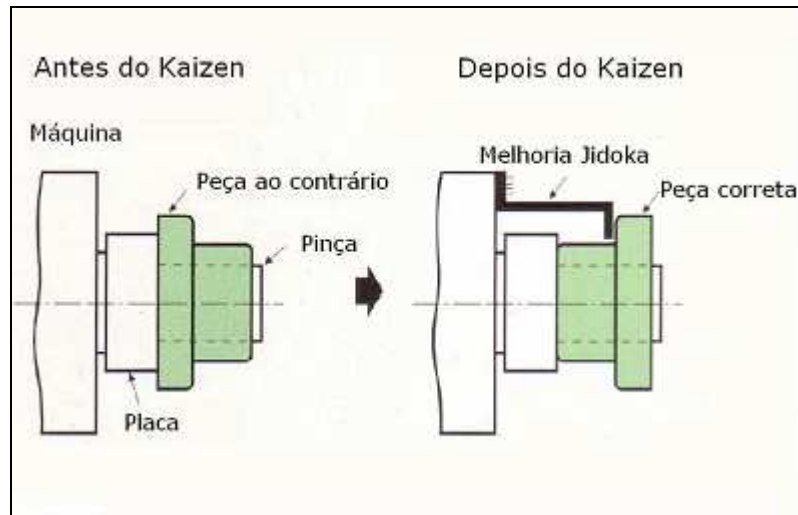


Figura 07: Exemplo de Poka-Yoke
FONTE: Kosaka (2006)

2.6. Operações Padronizadas

Ghinato (2000) define que as operações padronizadas são consideradas um método efetivo e organizado para produzir sem perdas, pois procura obter o máximo de produtividade com a identificação e padronização dos elementos que agregam valor. Outros objetivos que este tipo de operação procura são o balanceamento entre os processos e a definição do nível mínimo de estoque em processamento.

Para Klippel (2008), a padronização das operações só deve ser estabelecida após a realização das melhorias possíveis de serem implementadas e que deverão ser mantidas.

A padronização das operações permite que sejam identificadas as anomalias do processo, ou seja, tudo o que não está no projeto ou que está fora da qualidade especificada.

Segundo Ghinato (2000), os componentes que constituem a operação padronizada são: i) *Takt-Time*, ii) Rotina-Padrão de Operações e iii) Quantidade-Padrão de Inventário em Processamento.

A rotina-padrão de operações é um conjunto de operações executadas por um operador em uma seqüência determinada e permite que as atividades sejam realizadas novamente de forma consistente ao longo do tempo. Essa atividade traz o benefício de manter sempre os mesmos procedimentos para a execução de determinadas tarefas. Por outro lado, a quantidade-padrão de inventário em processamento corresponde à mínima quantidade de peças necessárias para manter o fluxo constante e nivelado de produção.

Klippel (2008) afirma que padronizar é uma maneira de prevenir o reaparecimento do problema, ou seja, estabelecer padrões e itens de controle de tal forma que o problema nunca mais ocorra.

Segundo Carneiro (2003), no aspecto humano, a padronização promove maior versatilidade dos profissionais e permite um aperfeiçoamento contínuo decorrente da utilização de ferramentas como Controle Estatístico do Processo (CEP)⁵ e Análise de Pareto⁶.

2.7. Heijunka

De acordo com Ghinato (2000):

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

O *heijunka*, assim como o próprio Sistema Toyota de Produção surgiu a partir de uma necessidade. É considerado um dos fundamentos principais do STP, juntamente com o *kaizen* e com as operações padronizadas que proporcionam a estabilidade do processo produtivo.

Ghinato (2000) exemplifica a utilização do *heijunka* de acordo com a tabela abaixo:

Tabela 01: Nivelamento da Produção de 05 Modelos

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

FONTE: Ghinato (2000)

A tabela 01 descreve as demandas para 05 modelos diferentes de automóveis. A última coluna apresenta o *takt-time*, considerando uma linha de montagem para cada um dos modelos. No entanto, os diferentes modelos devem ser fabricados na mesma linha de acordo com suas respectivas demandas.

⁵ O Controle Estatístico do Processo se preocupa em checar um produto ou serviço durante sua criação. Se algo estiver fora dos padrões, a linha pára até que o problema seja solucionado (SLACK, 2002).

⁶ Técnica relativamente direta que classifica os itens de informação nos tipos de problemas ou causas de problemas por ordem de importância (SLACK, 2002).

A programação realizada pelo *heijunka* permite definir uma determinada seqüência de montagem capaz de atender a demanda de cada modelo como se estivessem sendo montados em linhas exclusivas. No caso da tabela 01, a programação *heijunka* diária ficaria na ordem: AABACDAE conforme demonstrado na figura 08.

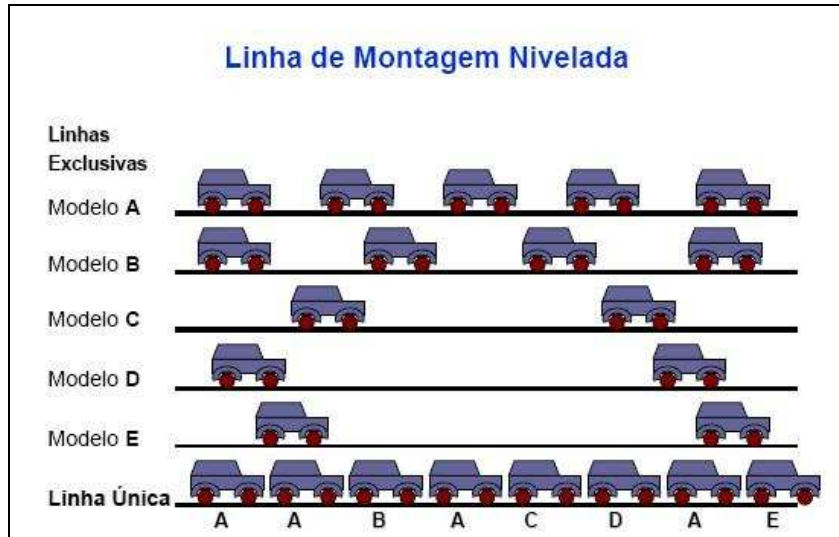


Figura 08: Linha de montagem nivelada
FONTE: Ghinato (2000)

2.8. Kaizen

Kaizen é uma palavra de origem japonesa que significa mudança para melhor ou aprimoramento contínuo (*kai* = mudança e *zen* = para melhor). Na realidade pode ser interpretada como melhoria incremental e contínua de determinada atividade, focada na eliminação de perdas (*muda*), agregando mais valor ao produto/ serviço com um mínimo de investimento (GHINATO, 2000).

De acordo com Ghinato (2000) sua prática depende do monitoramento contínuo dos processos com a utilização do ciclo de *Deming* (PDCA). O ciclo PDCA é um método que visa controlar e conseguir resultados eficazes e confiáveis nas atividades de uma organização, com o objetivo de padronizar as informações do controle de qualidade, evitar erros lógicos nas análises e tornar as informações mais fáceis de entender (DEMING, 1990).

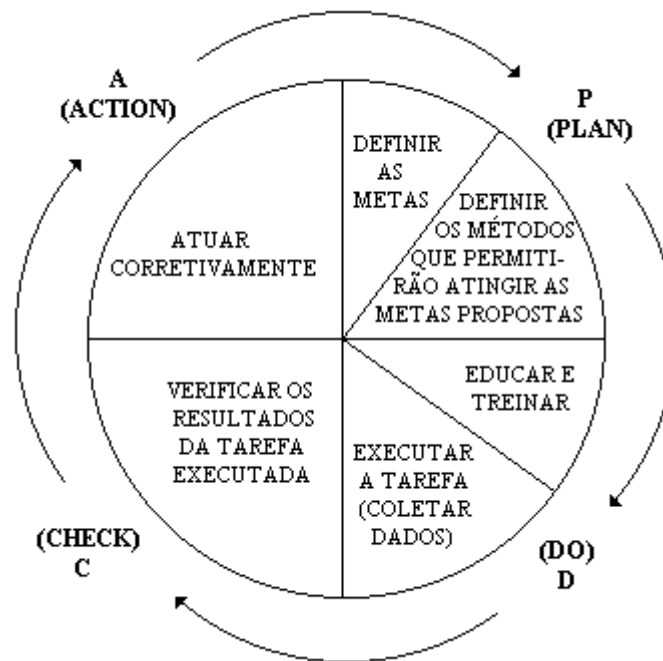


Figura 09: Ciclo PDCA
FONTE: Deming (1990)

Os passos que compõem o ciclo PDCA são:

- P (Plan): planejamento, ou seja, definição das metas e métodos que permitirão atingi-las;
- D (Do): execução das atividades;
- C (Check): verificar os resultados da tarefa executada;
- A (Action): atuar corretivamente.

Fleury (1993, *apud* Brito, 2003) afirma que “o *Kaizen* é uma postura crítica das empresas japonesas que se traduz num esforço contínuo para aumentar a eficiência dos processos produtivos e aplica diversas técnicas para essa finalidade, tais como o TQC – *Total Quality Control*⁷, Análise de Valor⁸ e CCQ – Círculos de Controle de Qualidade⁹ dentre outras.

⁷ Controle exercido por todas as pessoas da organização para a satisfação das necessidades dos clientes (CAMPOS, 2008).

⁸ É um esforço realizado para atingir o valor ótimo de um produto já existente, em fase de produção, promovendo as funções necessárias ao menos custo (LUIS & ROZENFELD, 2008).

⁹ Pode ser representado por um pequeno grupo de funcionários que voluntariamente se une para conduzir atividades de controle de qualidade dentro da mesma área de trabalho. Sua motivação básica é participação (CARDOSO & MARTINELLI, 2000).

2.9.Estabilidade

A estabilidade é considerada a base do Sistema Toyota de Produção como um todo, pois auxilia na garantia da produção de itens livres de defeitos (pilar Jidoka), na quantidade e momento certo (pilar *Just-in-Time*) (GHINATO, 2000).

O autor afirma ainda que o planejamento da produção e das próprias ações de melhorias só pode ser realizado em um ambiente sob controle e previsível, bem como o processo de identificação e eliminação de perdas, que só consegue ser efetivado em condições estáveis, caso contrário não é possível encontrar os problemas de forma preventiva e sim, corretiva.

3. PENSAMENTO ENXUTO

O termo Produção Enxuta foi usado pela primeira vez no meio científico pelos autores Womack & Jones (1992) em seu livro “A máquina que mudou o mundo”. A Produção Enxuta é uma atualização do Sistema Toyota de Produção, descrito anteriormente. Após a utilização deste termo, foram estudadas novas formas de administrar as organizações de acordo com o pensamento enxuto.

Em seu livro “Mentalidade Enxuta nas Empresas (*Lean Thinking*) Elimine o Desperdício e Crie Riqueza¹⁰”, Womack & Jones (2004) caracterizam o pensamento enxuto como “uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz”. O pensamento enxuto é caracterizado como um antídoto poderoso para o desperdício (WOMACK & JONES, 2004).

Os autores afirmam que o pensamento enxuto é capaz de tornar o trabalho mais satisfatório, transformando o desperdício em valor. Ressaltam ainda que o *Lean Thinking* deve ir além da empresa e ter uma visão do todo, ou seja, o conjunto inteiro de atividades desde a concepção (matéria-prima) de um produto até sua entrega ao cliente final (produto acabado).

Para a implementação de um sistema de manufatura enxuta, é necessário saber por onde começar, o que deve ser eliminado, o que não agrega valor entre outras informações. Todas elas são esclarecidas quando os cinco passos para a implementação do pensamento enxuto, descritos por Womack & Jones (2004), são analisados com o intuito de tornar a empresa mais flexível e atender às reais necessidades dos clientes.

Cusumano (1994 *apud* Araújo, 2004) apresenta um conjunto de fatores que influenciam a necessidade de implementação de um sistema enxuto de produção:

¹⁰ Identificado por Menezes (2003) como um guia para as empresas passarem a ter um pensamento enxuto.

- minimização de estoques intermediários;
- concentração geográfica da produção de componentes e montagem;
- demanda puxada por meio do *kanban*;
- nivelamento da produção;
- redução do *setup*;
- padronização do trabalho;
- trabalhadores multifuncionais;
- melhoria contínua do processo;
- desenvolvimento de sistemas a prova de falhas (*poka-yoke*).

3.1.Implementação do *Lean Thinking*

Womack & Jones (2004) deixam claro que para a implementação do *Lean Thinking* é necessário seguir os cinco passos descritos a seguir:

3.1.1. Especificação do Valor

A especificação do valor é o passo inicial para a implementação do sistema de produção enxuta. As organizações, responsáveis pela criação do valor de produtos e/ ou serviços, precisam saber qual o real significado de valor para seus clientes, pois somente eles poderão determinar essa questão. Isso faz com que as empresas procurem entender cada vez mais as necessidades destes.

Crabill *et al* (2000 *apud* Menezes, 2003) afirma que “é necessário identificar e separar o que o cliente define por valor da definição dada pelas áreas funcionais e estratégicas da organização”. De acordo com Womack & Jones (2004) a definição de valor dada pelo cliente é normalmente trocada pela necessidade financeira da empresa.

As empresas japonesas têm enfatizado, em sua definição de valor, onde o valor é criado, para conseguirem repensar o valor a partir da perspectiva do cliente (WOMACK & JONES, 2004).

Para determinar o valor de um produto é necessário, primeiramente, definir o produto que será trabalhado. Em seguida, de acordo com Womack & Jones (2004), é preciso determinar o custo-alvo com base no volume de recursos e no esforço necessário para sua fabricação, com as respectivas especificações.

3.1.2. Identificação da Sequência das Atividades – Cadeia de Valor

De acordo com Womack & Jones (2004), a cadeia de valor, ou fluxo de valor, corresponde ao conjunto de todas as ações necessárias para se levar um produto específico a passar pelas três tarefas gerenciais críticas em um negócio:

- 1) Tarefa de solução de problemas: engloba desde a concepção até o lançamento do produto, envolve também o projeto detalhado e a engenharia;
- 2) Tarefa de gerenciamento da informação: compreende o recebimento do pedido até a entrega, por meio de um cronograma detalhado;
- 3) Tarefa de transformação física: vai da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente.

A identificação e análise da cadeia de valor mostram que ocorrem três tipos de atividades ao longo do processo: i) atividades que agregam valor; ii) atividades que não agregam valor, mas que são necessárias e iii) atividades que definitivamente não agregam valor e precisam ser eliminadas (WOMACK & JONES, 2004).

A figura abaixo demonstra os três tipos de atividades encontradas nos processos produtivos:

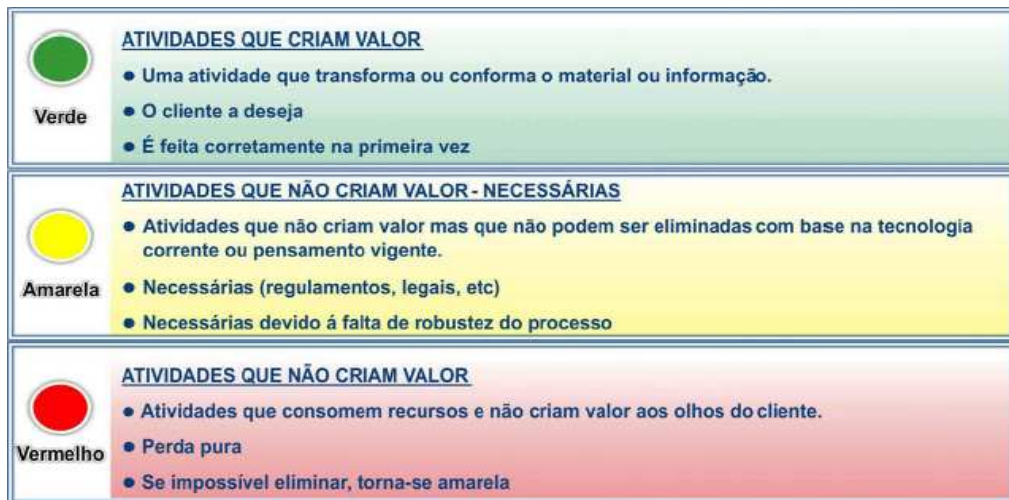


Figura 10: Atividades do processo produtivo¹¹
FONTE: Bouzon (2008)

Womack & Jones (2004) afirmam também que é necessário ter uma visão do todo, ou seja, a visão do pensamento enxuto deve ir além da empresa. Ela deve partir desde a empresa

¹¹ Womack & Jones (2004) conceituam as atividades que não agregam valor, mas que são necessárias, como desperdícios do Tipo Um e as que não agregam valor, mas que precisam ser eliminadas, como desperdícios do Tipo Dois.

que fornece a matéria-prima, passando por todo o conjunto de atividades necessário para a criação e fabricação de um produto, pelo projeto detalhado, pela programação da produção até chegar às mãos do cliente.

Em resumo, Cabrill (2000 *apud* Menezes, 2003), descreve que o mapeamento da cadeia de valor, ajuda a identificar os pontos onde está sendo agregado valor (sob o ponto de vista do cliente) e onde os desperdícios estão sendo consolidados.

3.1.3. Identificação do Fluxo

Esta terceira etapa exige uma completa mudança na mentalidade das pessoas e na organização da empresa. A maioria das pessoas acredita que a realização das tarefas em lotes (departamental) é mais fácil e eficiente; no entanto, este pensamento departamentalizado deve ser extinto porque as tarefas - quase sempre - podem ser realizadas de forma muito mais eficiente e precisa quando se trabalha continuamente no produto da matéria-prima à mercadoria acabada (WOMACK & JONES, 2004).

Após a especificação do valor e o mapeamento da cadeia de valor, é necessário fazer com que as atividades que geram valor fluam em um fluxo de valor contínuo e estável, denominado fluxo de valor enxuto (RENTES *et al*, 2004).

O fluxo de valor enxuto citado por Rentes *et al* (2004) demonstra que os produtos devem fluir da matéria-prima ao produto acabado, sem movimentos inúteis, sem interrupções, sem lotes e sem filas.

Luz & Buiar (2004) afirmam que a criação deste fluxo pode ser sentida na redução dos tempos de concepção dos produtos, de processamento de pedidos e em estoques e, proporciona à empresa, atender os clientes quase que instantaneamente.

3.1.4. Sistema de Produção Puxada

Conforme descrito no item 2.4.3 deste trabalho e de acordo com as análises do pensamento enxuto, a produção passa a ser “puxada” pelos clientes, minimizando os estoques e agregando valor ao produto.

No sistema de produção puxada, um processo só será acionado quando o processo seguinte solicitar, caso contrário, os processos clientes receberão dos processos fornecedores

o que não precisam naquele momento, levando ao excesso de produção, à formação de estoques e por fim, ao desperdício em si (RENTES *et al*, 2004).

3.1.5. Busca pela Perfeição

A procura por desperdícios, redução de esforços, custos e tempo é infinita, sempre terá algo a ser melhorado. Womack & Jones (2004) caracterizam este fato como sendo a busca pela perfeição por parte das organizações, pois elas querem chegar cada vez mais perto do que o cliente realmente quer.

A busca pela perfeição, em um processo transparente, onde todos os membros tenham conhecimento do processo como um todo, permite o diálogo e a busca contínua por melhores formas de adicionar valor aos produtos (LUZ & BUIAR, 2004).

Nazareno (2003 *apud* Menezes, 2003) afirma que essa busca consiste em “fazer com que os quatro princípios anteriores interajam em um círculo na eliminação de desperdícios”.

3.2. Ferramentas da Produção Enxuta

Além de contar com os pilares e a base de sustentação do Sistema Toyota de Produção, que se constituem pelo *Just-in-Time* (fluxo contínuo, *takt-time* e produção puxada), *Jidoka* (separação homem/máquina e *poka-yoke*), *heijunka*, operações padronizadas, *kaizen* e estabilidade; a Produção Enxuta possui algumas ferramentas que complementam as citadas anteriormente e auxiliam na realização das atividades enxutas do processo produtivo.

As ferramentas da Produção Enxuta estão descritas a seguir:

3.2.1. Mapeamento do Fluxo de Valor

O Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é mais do que uma técnica na gestão de empresas líderes. Ela traduz respeito aos clientes e acionistas que não aceitam pagar os custos do desperdício – Ricardo Guimarães/ Xerox do Brasil (NUMA, 2008).

Essa é a ferramenta mais importante para a Produção Enxuta porque percorre o caminho de todo o processo de transformação material e informação do produto (LUZ & BUIAR, 2004).

Rentes *et al* (2004) explica que para mapear o fluxo de valor é preciso seguir a trilha da produção de uma família de produtos de porta a porta da planta, do consumidor ao

fornecedor para então, desenhar o mapa do estado atual de seus fluxos de material e de informação. Em seguida, elaborar o mapa do estado futuro de como o seu valor deveria fluir, melhorando os fluxos atuais.

Para Prado (2006) o MFV tem como benefícios a visão completa do processo, que ajuda na identificação dos desperdícios, além de fornecer uma percepção comum das atividades. É uma ferramenta de comunicação, planejamento e gerenciamento de mudanças, pois une o fluxo de informação ao fluxo de material (LUZ & BUIAR, 2004).

De acordo com Crabill *et al* (2000 *apud* Menezes, 2003) a principal função do MFV é a identificação de quando e onde o valor começa a ser acionado e onde existem desperdícios, pois os integrantes do time se tornam mais objetivos na eliminação das perdas com a utilização desta ferramenta.

3.2.2. Limpeza e Organização (5S)

A limpeza e organização do trabalho contribuem para um ambiente de trabalho apto para o gerenciamento visual de todo o processo, principalmente do controle de qualidade, e para a produção *lean* (ARAÚJO, 2004).

De acordo com Araújo (2004), os 5S descrevem as práticas para a organização deste ambiente de trabalho:

- 1) *Seiri*: separação dos itens necessários dos desnecessários. Os itens não utilizados com frequência devem ser retirados, pois atrapalham o trabalho rotineiro;
- 2) *Seiton*: organização dos itens restantes. Cada item deve ter o seu lugar, pois cada um deve estar em sua respectiva área de trabalho;
- 3) *Seiso*: limpeza de toda a área de trabalho. Nada deve estar fora do seu devido lugar ao final de cada turno;
- 4) *Seiketsu*: padronização resultante dos três primeiros Ss relacionado à disciplina gerencial para institucionalizar as ações anteriores;
- 5) *Shitsuke*: disciplina para que os demais Ss sejam mantidos. É necessário frisar a importância da manutenção do sistema.

O sistema dos 5S vem sendo implantado em muitas empresas porque aborda a questão sobre a melhoria da qualidade de maneira simples. Feld (2000 *apud* Araújo, 2004) afirma que

cerca de 25% a 30% dos defeitos de qualidade ocorrem pois a maioria das pessoas não enfatizam a importância da segurança, ordem e limpeza do local de trabalho.

Segundo Andrade (2002 *apud* Araújo, 2004), o sistema 5S tem por finalidade manter a segurança e a eficiência do processo, reduzindo os custos da produção. Estabelecendo padrões adequados de organização, o número de acidentes é reduzido (segurança); o uso correto de máquinas e ferramentas e sua manutenção, aumentam a eficiência do trabalho; já a redução dos retrabalhos, tempo e material desperdiçado, reduz os custos do produto final.

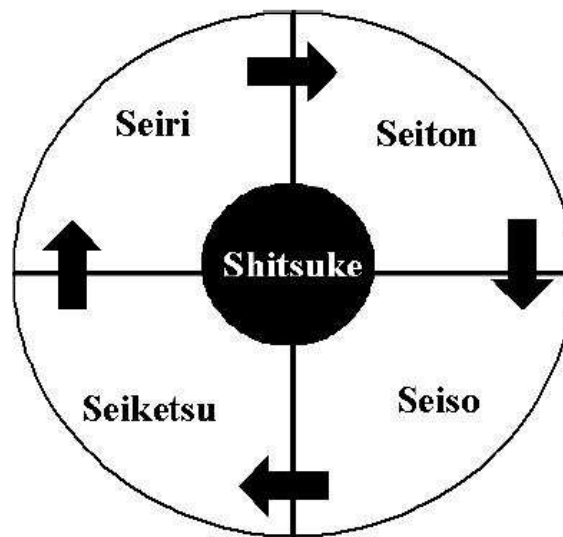


Figura 11: 5S
FONTE: Araújo (2004)

3.2.3. Layout Celular

Segundo Moreira (2001 *apud* Rentes *et al*, 2002) os motivos que tornam importantes as decisões sobre arranjo físico são porque:

- Eles afetam a capacidade de instalação e a produtividade das operações. Portanto uma mudança adequada no tipo de arranjo físico pode aumentar a produção com a utilização dos mesmos recursos utilizados anteriormente;
- As mudanças implicam no dispêndio de consideráveis somas de dinheiro.

De acordo com Slack *et al* (2002), o layout da fábrica deve permitir que os postos de trabalho fiquem próximos uns dos outros para evitar a geração de estoques entre eles, além de garantir que os estágios de produção fiquem visíveis para tornar o fluxo transparente a todas

as partes da linha de produção e proporcionar a fácil movimentação dos funcionários e materiais.

Rother & Harris (2002 *apud* Menezes, 2003) afirmam que a melhor maneira de projetar o espaço físico de uma célula é organizar as máquinas, equipamentos e material necessários como se somente um operador fabricasse o produto do início ao fim. Menezes (2003) afirma que essa prática permite projetar um processo que evita as ilhas isoladas de atividades, minimiza a acumulação de estoques intermediários, elimina caminhadas excessivas, remove obstáculos e aproxima as etapas de criação de valor uma às outras.

Barbosa (1999 *apud* Silva *et al*, 2002) cita algumas vantagens do *layout* celular:

- Facilita o retrabalho (itens defeituosos);
- A ausência de corredores implica na eliminação de veículos e pessoas que não estão sendo aproveitadas nas atividades produtivas;
- Facilita a movimentação de materiais e ferramentas, pois encurta a distancia entre os postos de trabalho;
- Fluxo contínuo no setor de montagem;
- Elimina os problemas com o reposicionamento de algumas máquinas;
- Diminui os custos unitários para altos volumes.

De acordo com Barbosa (1999 *apud* Silva *et al*, 2002), “as células de manufatura, em comparação aos *layouts* tradicionais, provocam o aumento de 10 a 20 % na produtividade da mão-de-obra direta”.

3.2.4. Manutenção Produtiva Total

Slack *et al* (2002) define a Manutenção Produtiva Total (MPT) como sendo a “manutenção produtiva realizada por todos os empregados através de atividades de pequenos grupos”, na qual entende-se por manutenção produtiva a “gestão de manutenção que reconhece a importância de confiabilidade, manutenção e eficiência econômicas nos projetos de fábrica”.

De acordo com Menezes (2003) a MPT consiste num programa de manutenção que persiste em todo o ciclo de vida do equipamento e que envolve a participação de todos os empregados relacionados ao processo.

Para Slack *et al* (2002) a MPT visa estabelecer a boa prática de manutenção na produção por meio da perseguição das cinco metas da MPT:

- 1) Melhorar a eficácia dos equipamentos;
- 2) Realizar a manutenção autônoma;
- 3) Planejar a manutenção;
- 4) Treinar todo o pessoal em habilidades relevantes da manutenção;
- 5) Conseguir gerir os equipamentos logo o início.

Menezes (2003) afirma ainda que “no programa de MPT, algumas tarefas de manutenção, como por exemplo limpeza e lubrificação das máquinas e procedimentos básicos de hidráulica, pneumática, elétrica e eletrônica, passam a ser assumidas pelos operadores.

Antunes (2001 *apud* Menezes, 2003) garante que a MPT é um dos pilares fundamentais do Sistema Toyota de Produção porque visa a quebra-zero dos equipamentos.

3.2.5. Controle de Qualidade Zero Defeitos

Lopes (1998) conceitua o Controle de Qualidade Zero Defeitos (CQZD) como um programa racional e científico que busca a eliminação da ocorrência de defeitos através da identificação e controle das causas de anomalias.

Segundo o autor, esta identificação é realizada por meio da utilização de ferramentas como o “5W1H” dentre outras. Com a identificação das causas dos problemas, são instalados dispositivos *poka-yoke* para detectar a ocorrência das anomalias no processo e forçar uma ação corretiva imediata.

A metodologia da ferramenta 5W1H é feita com a realização de seis questões sobre o processo *What, Who, When, Why, Where* e *How*, conforme descritas na tabela abaixo:

Tabela 02: 5W1H

<i>What</i>	O que?	Quais os itens de controle em qualidade, custo, entrega, moral e segurança? Qual a unidade de medida?
<i>Who</i>	Quem?	Quem participará das ações necessárias ao controle?
<i>When</i>	Quando?	Qual a frequência com que devem ser medidos? (diário, semanal, mensal, anual) Quando atuar?
<i>Why</i>	Porque?	Em que circunstância o controle será exercido?
<i>Where</i>	Onde?	Onde são conduzidas as ações de controle?
<i>How</i>	Como?	Como exerce o controle? Indique o grau de prioridade para ação de cada item.

FONTE: Grimas (2008)

De acordo com Ghinato (1996), existem quatro pontos fundamentais para a sustentação do CQZD:

- 1) Utilização de inspeção na fonte;

- 2) Utilização de inspeção 100% ao invés de inspeção por amostragem;
- 3) Redução do intervalo de tempo entre a detecção de uma anomalia e a aplicação de uma ação corretiva;
- 4) Reconhecimento de que os operadores não são infalíveis.

3.2.6. Troca Rápida de Ferramentas

Fogliato & Fagundes (2003) descrevem a Troca Rápida de Ferramentas (TRF) como uma metodologia para redução de tempos de preparação de equipamentos, que proporciona a produção econômica em pequenos lotes e auxilia na redução dos tempos de atravessamento (*lead-times*), possibilitando à empresa resposta rápida diante das mudanças do mercado.

Para Shingo (1996) a TRF é uma abordagem analítica para a melhoria do *setup* (mudança de ferramenta) de uma máquina ou processo, na qual a mecanização é um componente. Para o autor, a TRF conduz à melhoria do *setup* de forma progressiva.

A TRF fundamenta-se em técnicas que enfatizam o trabalho cooperativo em equipe de formas criativas de melhoria de processos. Ademais, reduz a incidência de erros na regulação dos equipamentos.

De acordo com o *Lean Thinking*, a TRF é um recurso indispensável para as indústrias que necessitam compartilhar o mesmo equipamento para diversas linhas de produtos, pois ela envolve interações para que o ferramental seja intercambiável, minimizando sempre que possível o *setup*.

O método da TRF foi desenvolvido por Shingo em seu livro “Sistema de Troca Rápida de Ferramenta”, 2000. Shingo (2000) conceitua esse sistema como bastante simples, no qual é possível que as intervenções de *setup* sejam racionalizadas. A aplicação destes mesmos conceitos nas intervenções de manutenção programada possibilitam que as elas sejam muito mais rápidas e de melhor qualidade, aumentando a disponibilidade de equipamentos e facilitando a manutenção do fluxo produtivo.

Para Shingo (2000) “A maneira mais rápida de trocar uma ferramenta é não ter de trocá-la”.

4. MAPEAMENTO DO FLUXO DE VALOR

Conforme citado no item 3.2.1. o MFV é a ferramenta essencial da Produção Enxuta, pois permite a visão de todo o fluxo de valor dos processos produtivos da organização. Rother & Shook (1998) afirmam que esta ferramenta é entendida como o conjunto de todas as atividades que ocorrem desde a obtenção de matéria-prima até a entrega ao consumidor do produto final.

De acordo com Rentes (2003), o MFV é um método simples de modelagem de empresas com um procedimento para a construção de cenários de manufatura, que leva em consideração tanto o fluxo de materiais como o fluxo de informações. Por este motivo é considerada uma ferramenta imprescindível para o processo de visualização da situação atual da organização e construção da situação futura.

As vantagens da utilização do MFV são descritas por Rother & Shook (1998):

- Permite a visualização de todo o fluxo e não somente dos processos individuais;
- Ajuda na identificação das fontes dos desperdícios;
- Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura;
- Torna as decisões sobre o fluxo visíveis, facilitando sua discussão;
- Integra conceitos e técnicas enxutas;
- Forma a base para um plano de implementação, identificando a relação entre o fluxo de material e o fluxo de informação.

Segundo Crabill *et al* (2000 *apud* Menezes, 2003), a principal utilidade do Mapeamento do Fluxo de Valor é a identificação de quando e onde o valor começa a ser adicionado e onde existem desperdícios, pois ao mapear o fluxo de valor os integrantes do time se tornam mais objetivos na eliminação das perdas.

Rentes (2000 *apud* Araújo, 2004) afirma que o mapeamento pode servir como um catalisador na análise do processo, possibilitando o compartilhamento do conhecimento sobre

o processo com todos os seus componentes; além de permitir a identificação de pontos que necessitam ser melhorados, auxiliando o trabalho em equipe na obtenção de resultados.

Pizzol & Maestrelli (2005) afirmam que o MFV promove a visualização do fluxo de matéria-prima, do fluxo de componente e do fluxo de informação; bem como a verificação da quantidade e frequência de abastecimento das matérias-primas e da área de armazenagem necessária.

A proposta da aplicação desta ferramenta tem como objetivo assegurar a adoção de técnicas enxutas na concepção dos produtos e reduzir o desperdício contido nos fluxos de processo, material e informação, contribuindo para a redução do *lead-time*, do inventário em processo e para o aumento da competitividade (PIZZOL & MAESTRELLI, 2005).

Ferro (1999 e 2003 *apud* Menezes, 2003) sugere que o estado futuro seja definido com base na implementação de um período de seis meses a um ano, com poucos investimentos. O autor ressalta também a importância do envolvimento e comprometimento da alta administração na criação do fluxo enxuto, já que esta ferramenta é capaz de olhar para os processos de agregação de valor de forma horizontal.

Na visão de Tapping & Shuker (2002 *apud* Moreira & Miguel, 2005) o MFV não é um método para dizer como as pessoas devem realizar seu trabalho eficientemente, e sim uma sistemática de aproximação que capacita as pessoas de como planejar e quando elas deverão implementar as melhorias para atingir mais facilmente a satisfação do cliente.

O MFV deve ser realizado em oito etapas (TAPPING & SHUKER, 2002 *apud* MOREIRA & MIGUEL, 2005):

- 1) Comprometer-se com o conceito *lean*;
- 2) Escolha do Fluxo de Valor;
- 3) Aprender com o conceito *lean*;
- 4) Mapear o estado atual;
- 5) Identificar sistemas de medição;
- 6) Mapear o estado futuro;
- 7) Criar planos KAIZEN;
- 8) Implementar planos KAIZEN.

Ferro (2008) sugere focalizar os esforços nos fluxos de valor que tenham como núcleo o objetivo do negócio; entender claramente a situação atual; definir as metas de melhoria para as famílias de produtos; definir um consenso sobre o estado futuro e implementar um plano de ação com as responsabilidades, tarefas e metas a serem atingidas.

4.1. Passos para o Mapeamento do Fluxo de Valor

Primeiramente vale ressaltar que muitas empresas não produzem somente um tipo de determinado produto. A maioria delas fabrica produtos diversos em quantidades e demandas diferentes. Por este motivo, o primeiro passo para o Mapeamento do Fluxo de Valor é definir a família de produtos que será mapeada e analisada para se aplicar as técnicas e ferramentas *lean*. A determinação da família de produtos é importante, pois os consumidores se preocupam com produtos específicos e não com todos os itens produzidos pela empresa (LUZ & BUIAR, 2004).

Para simplificar o agrupamento de vários produtos em famílias, Womack (2001 *apud* Pizzol & Maestrelli, 2005) sugere a criação da matriz da família de produtos de acordo com a figura 12 abaixo. A figura consiste numa tabela que descreve a lista de produtos e os processos e/ ou equipamentos utilizados em um processamento.

		Downstream Steps & Equipment							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Products	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

Figura 12: Matriz da família de produtos

FONTE: Womack (2001 *apud* Pizzol & Maestrelli, 2005)

Rother & Shook (1999 *apud* Menezes, 2003) definem quatro níveis de MFV para uma família de produtos:

- Nível por processo: cada etapa individual em um tipo de processo;
- Nível da planta (porta-a-porta): todos os processos que ocorrem dentro da fábrica, compreende desde a expedição do produto final ao cliente até o recebimento de matéria-prima;
- Múltiplas plantas: troca de materiais e informações entre diferentes plantas da mesma empresa;

- Várias empresas: processos de negócios entre empresas diferentes.

De acordo com Menezes (2003) a primeira etapa do MFV de uma família de produtos deve ser no nível da planta para focalizar a análise dos fluxos de materiais e informações dentro da fábrica.

De acordo com Rentes *et al* (2003) para a definição da família de produtos é necessário levar em consideração alguns critérios:

- 1) Similaridade de processos: verificar o grupo de produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns em seus processos de transformação;
- 2) Frequência e volume da demanda: é importante para a definição da política de atendimento à demanda: i) *Assembly-to-order* (ATO), ii) *Make-to-stock* (MTS) e iii) *Make-to-order* (MTO).
- 3) Tempo de ciclo do produto: referente ao tempo que o produto leva para ser processado.

Rother & Shook (1999 *apud* Menezes, 2003) consideram ainda que nesta etapa é necessário fazer o levantamento de dados do processo:

- Dados do cliente: demanda, necessidades etc;
- Definição dos processos mapeados: cada caixa de processo indica uma área do fluxo de material;
- Número de operadores para cada processo;
- Tempo de ciclo para cada processo (T/C): equivale ao tempo necessário entre um componente e o próximo a saírem do mesmo processo;
- Tempo de troca (T/R): é o tempo para mudar a produção para o produto analisado;
- Tempo útil (T útil): é a confiabilidade da máquina/ operação;
- Turnos: quantidade de turnos em que o processo é operado;
- Disponibilidade: tempo de trabalho disponível por turno;
- Tempo de ciclo total (T/C total): equivale ao tempo que uma peça leva para ser processada mais o tempo de carga e descarga;
- Índice de rejeição: determina a quantidade de produtos defeituosos gerados pelo processo;
- Estoque: antes e depois de cada processo;
- Dados dos fornecedores: dados relacionados aos seus fornecimentos:
 - 1) Quantidade média de estoques;

- 2) Frequência de pedidos e a quantidade média por pedidos;
 - 3) Lote mínimo de requisição;
 - 4) Fluxo de informações do departamento de compras com os fornecedores;
- Fluxo de materiais: identificação de processos puxados e empurrados;
 - Estoque de produto acabado;
 - Fluxo de informações: identificação de como e por quem são transmitidas as informações da produção pela planta;
 - Linha do tempo: com a coleta das informações anteriores, é possível calcular o *lead-time* de produção de determinado produto ou família de produtos. Pode-se (e deve-se) calcular também o tempo de agregação de valor.

O segundo passo do MFV é determinar o gerente do fluxo que terá a responsabilidade de entender o fluxo e as melhorias necessárias. O gerente de fluxo deve ter autonomia para fazer as mudanças necessárias no processo produtivo, por isso é interessante que esta pessoa esteja ligada à autoridade máxima da unidade produtiva (SHOOK, 1999 *apud* LUZ & BUIAR, 2004).

Ferro (2008) afirma ainda que é preciso que o gerente de fluxo se envolva diretamente com o mapeamento, caminhe pessoalmente pelos fluxos de valor e apóie explicitamente. Para o autor isso garantirá a relevância do estado futuro à alta administração, que deverá estar familiarizada com a nova linguagem e conhecerá bem o estado atual para cobrar os resultados da implementação do estado futuro.

O próximo passo é desenhar o estado atual da cadeia de valor, que é feito a partir da coleta dos dados citados anteriormente no chão de fábrica. Após a coleta desses dados, são mapeados os processos produtivos que fazem parte da família de produtos selecionada ou do fluxo de valor em análise. Para Rentes *et al* (2003) é necessário identificar onde se localizam os estoques e a quantidade média em número de peças e em dias, tendo como base a média de consumo. Os autores mostram que o fluxo de informações também é mapeado e inclui a programação dos processos, suas frequências, previsões e solicitações de material.

Ferro (2008) acrescenta que algumas empresas inserem informações desnecessárias aos mapas, tais como o custo dos estoques, as distâncias entre as estações de trabalho e outras que acabam somente “poluindo” o mapa que impossibilita a visão do que realmente é essencial. Segundo o autor o objetivo não é produzir mapas completos e perfeitos, mas sim construir um mapa capaz de tornar possível vislumbrar claramente a mudança.

Durante o mapeamento do estado atual surgem idéias sobre o estado futuro. Na figura 13 é possível observar a troca de informações e a relação existente entre o mapa atual e o mapa futuro, indicando o desenvolvimento do estado atual e o futuro que se sobrepõe.

Para Rentes *et al* (2004) esta etapa é composta pelo desenho do mapa atual incluindo o desenho do mapa futuro, pois o desenvolvimento de ambos são esforços superpostos, já que as idéias do estado futuro surgem no mapeamento do mapa atual. Por outro lado, o desenho do mapa futuro mostra informações importantes sobre o estado atual que passaram despercebidas anteriormente.

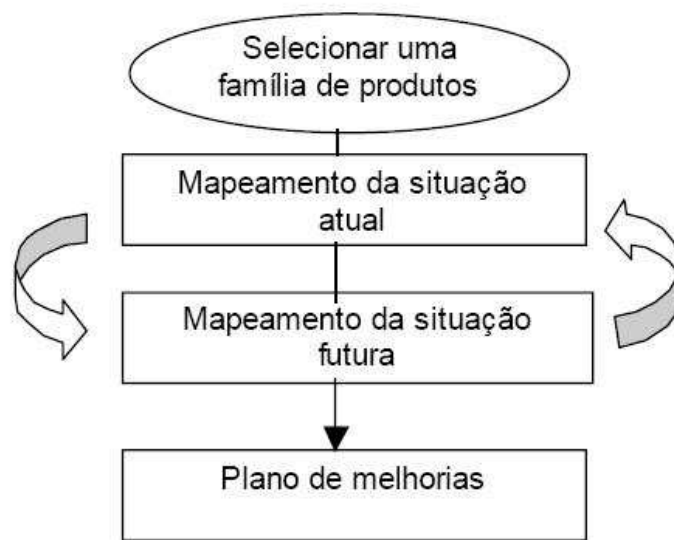


Figura 13: Etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor
FONTE: Rother & Shook (1999)

Para o MFV são utilizados alguns ícones sugeridos por Rother & Shook (1999) conforme descritos na figura 14. Araújo (2004) ressalta que outros ícones também podem ser criados pela equipe de projeto para suas peculiaridades.

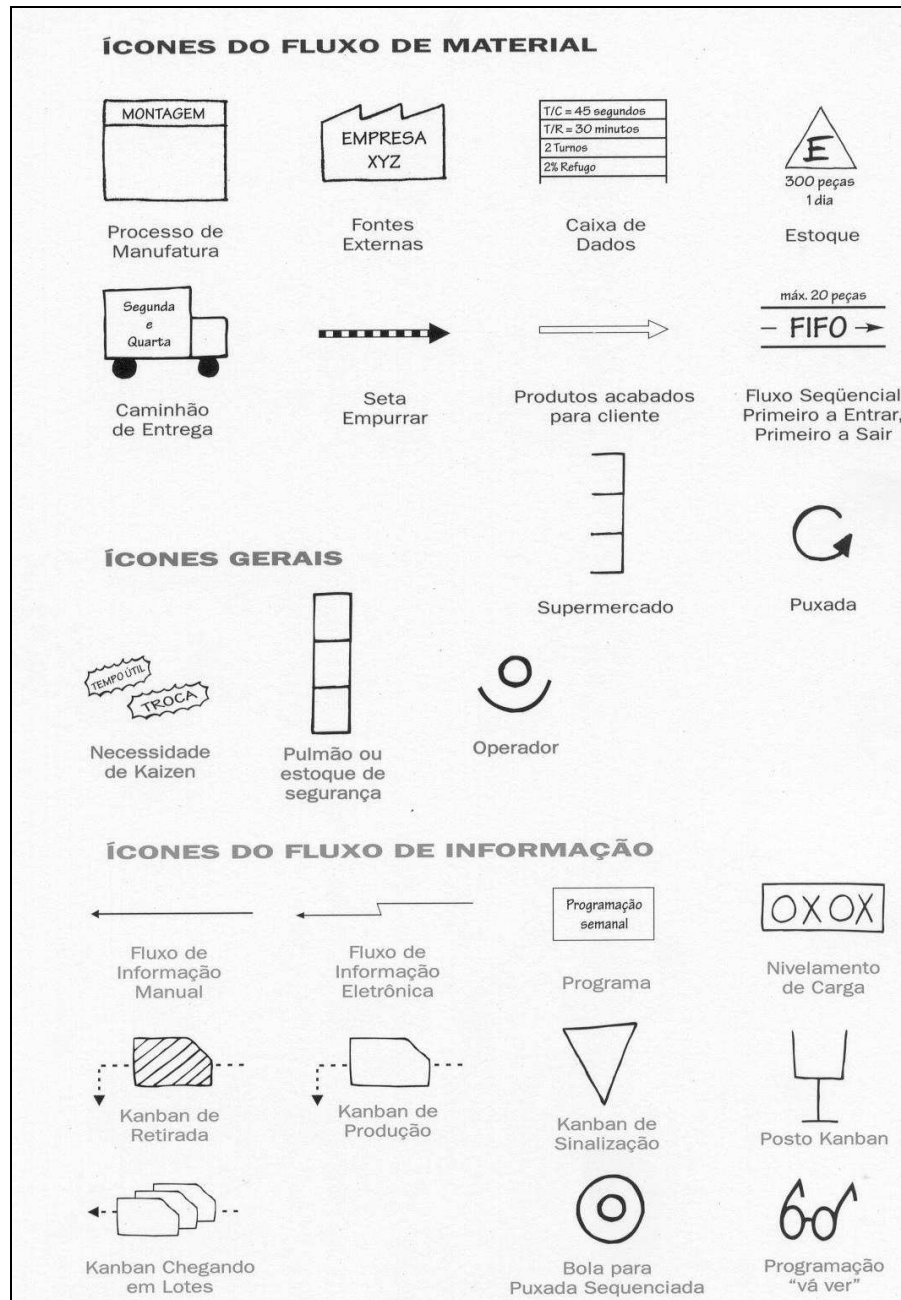


Figura 14: Ícones para o Mapeamento do Fluxo de Valor
FONTE: Rother & Shook (1999)

Outro componente do mapa é a linha do tempo que descreve o tempo que uma peça leva para percorrer todo o caminho do chão-de-fábrica. Essa linha é posicionada abaixo das caixas de processos e dos triângulos de estoque para registrar o *lead-time* de produção (ARAÚJO, 2004).

A última etapa do MFV é a elaboração de um plano de implementação que descreva o planejamento e as ações necessárias para se chegar ao estado futuro e colocá-lo em dia. Assim que o estado futuro se tornar realidade, ou seja, estado atual, um novo mapa deve ser

desenhado. Isto significa que a cadeia de valor estará sempre em melhoria contínua e que sempre deve haver um mapa do estado futuro em implementação (RENTES *et al*, 2004).

O autor considera o tempo e esforço para desenhar o mapa atual como desperdício, a menos que se utilize esse mapa para criar e implementar um estado futuro que elimine as fontes de desperdícios e agregue valor ao cliente.

De acordo com Araújo (2004) e Menezes (2003), Rother & Shook (1999) estabelecem diretrizes que devem ser seguidas na elaboração do mapa futuro:

- 1) Produzir de acordo com o *takt-time*: o ritmo de produção deve acompanhar o ritmo das vendas;
- 2) Desenvolver um fluxo contínuo onde possível: cada item processado deve ser transferido imediatamente ao processo posterior;
- 3) Utilizar supermercados para controle da produção onde o fluxo contínuo não é possível;
- 4) Enviar a programação do cliente para somente um processo de produção: como todos os processos devem estar interligados, não é necessário enviar a programação de produção para todos eles, e sim, somente para o processo puxador que determina o ritmo de produção;
- 5) Nivelar o *mix* de produção: distribuição de diferentes produtos uniformemente ao longo do tempo. Esse nivelamento será importante para minimizar as diferenças entre os picos e os vales de produção além de reduzir o estoque de produtos acabados.
- 6) Nivelar o volume de produção: ajuda a tornar o fluxo de produção previsível e cria uma puxada inicial com a liberação e retirada de somente um pequeno e uniforme volume de trabalho no processo puxador. Por isso, é importante emitir ordens de produção em pequenos intervalos de tempo para que a produção não se desvie dos pedidos reais.

“Mapear todos os fluxos de valor de uma organização pode ser um exercício relevante; mas a única coisa que importa é a ação concreta na implementação dos estados futuros definidos” (FERRO, 2003 apud ARAÚJO, 2004).

4.2. Análise do Estudo de Caso

A análise do estudo de caso foi feita com base nos estudos do Prof. Antonio Freitas Rentes da EESC – USP e sua equipe no trabalho apresentado no XXIV Encontro Nacional de

Engenharia de Produção de 2004. Refere-se a uma indústria produtora de equipamentos para a extração de leite e, tem como item mapeado a bomba de vácuo da família de ordenhadeiras.

De acordo com as informações disponíveis, a bomba de vácuo representa 80% do custo final dos produtos dessa família e sua demanda é de 24 unidades mensais, sendo 12 vendidas separadamente e 12 vendidas como parte integrante do grupo vácuo.

Os estudos sobre o mapa atual e futuro demonstram que os procedimentos e técnicas enxutas adotadas resultaram na:

- Redução das movimentações: que pode ser observada no fluxo contínuo criado para as atividades de lavar, montar, tampa, montar componentes, testar e pintar a bomba de vácuo;
- Redução dos estoques: que repercutiu na diminuição do *lead-time* de 67 para 15 dias, equivalente a uma redução de mais de 77%;
- Redução de pessoas (recursos humanos): a diminuição foi de mais de 72%, a empresa passou de 11 para 3 pessoas na linha de produção.

A análise deste estudo de caso consistiu na observação e identificação de quais técnicas, ferramentas e procedimentos foram adotados para se obter os resultados alcançados.

4.2.1. Mapeamento do Estado Atual

A princípio é importante ressaltar que as peças necessárias para a montagem da bomba de vácuo são: eixo, rotor, tampa, carcaça e anel.

Essas peças formam dois conjuntos para a montagem da bomba: i) conjunto eixo-rotor e ii) conjunto carcaça-tampa-anel conforme será demonstrado nas figuras dos mapas.

Para a compreensão dos mapas é necessário analisar a legenda descrita abaixo sobre os processos e todos os dados neles contidos:

A = fornecedor de eixo e rotor;

B = armazenar eixo e rotor;

C = usinar eixo;

D = armazenar eixo;

E = fundir rotor ao eixo;

D = armazenar chefe;

E = fundir rotor ao eixo;

F = armazenar conjunto eixo-rotor;

G = usinar conjunto eixo-rotor;

H = lavar:

- $T/C = 600s$; $T/R = 0$; $T/U = 100\%$; Turnos = 1; $T/D = 32400s$;

I = montar tampa:

- $T/C = 300s$; $T/R = 0$; $T/U = 100\%$; Turnos = 1; $T/D = 32400s$;

J = montar componentes:

- $T/C = 900s$; $T/R = 0$; $T/U = 100\%$; Turnos = 1; $T/D = 32400s$;

L = testar bomba de vácuo:

- $T/C = 2400s$; $T/R = 0$; $T/U = 100\%$; Turnos = 1; $T/D = 32400s$;

$L/T = lead-time$;

M = pintar bomba de vácuo:

- $T/C = 600s$; $T/R = 0$; $T/U = 100\%$; Turnos = 1; $T/D = 32400s$;

N = fornecedor de carcaça, tampa e anel;

O = armazenar carcaça, tampa e anel;

P = usinar conjunto carcaça-tampa-anel;

Q = montar grupo de vácuo:

- $T/C = 14400s$; $T/R = 0$; $T/U = 100\%$; Turnos = 1; $T/D = 32400s$;

R = expedir bomba de vácuo e grupo de vácuo;

S = entregas conforme pedidos;

T = clientes;

T/C = tempo de ciclo;

T/R = tempo de troca;

T/U = tempo útil;

T/D = tempo disponível;

U = célula lavar; montar tampa; montar componentes; testar bomba de vácuo; pintar bomba de vácuo:

- $Takt-time = 29700s$; $T/C = 4800s$; $T/R = 0$; $T/U = 100\%$; Turnos = 1; $T/D = 32400s$.

O mapa do estado atual está descrito na figura 15.

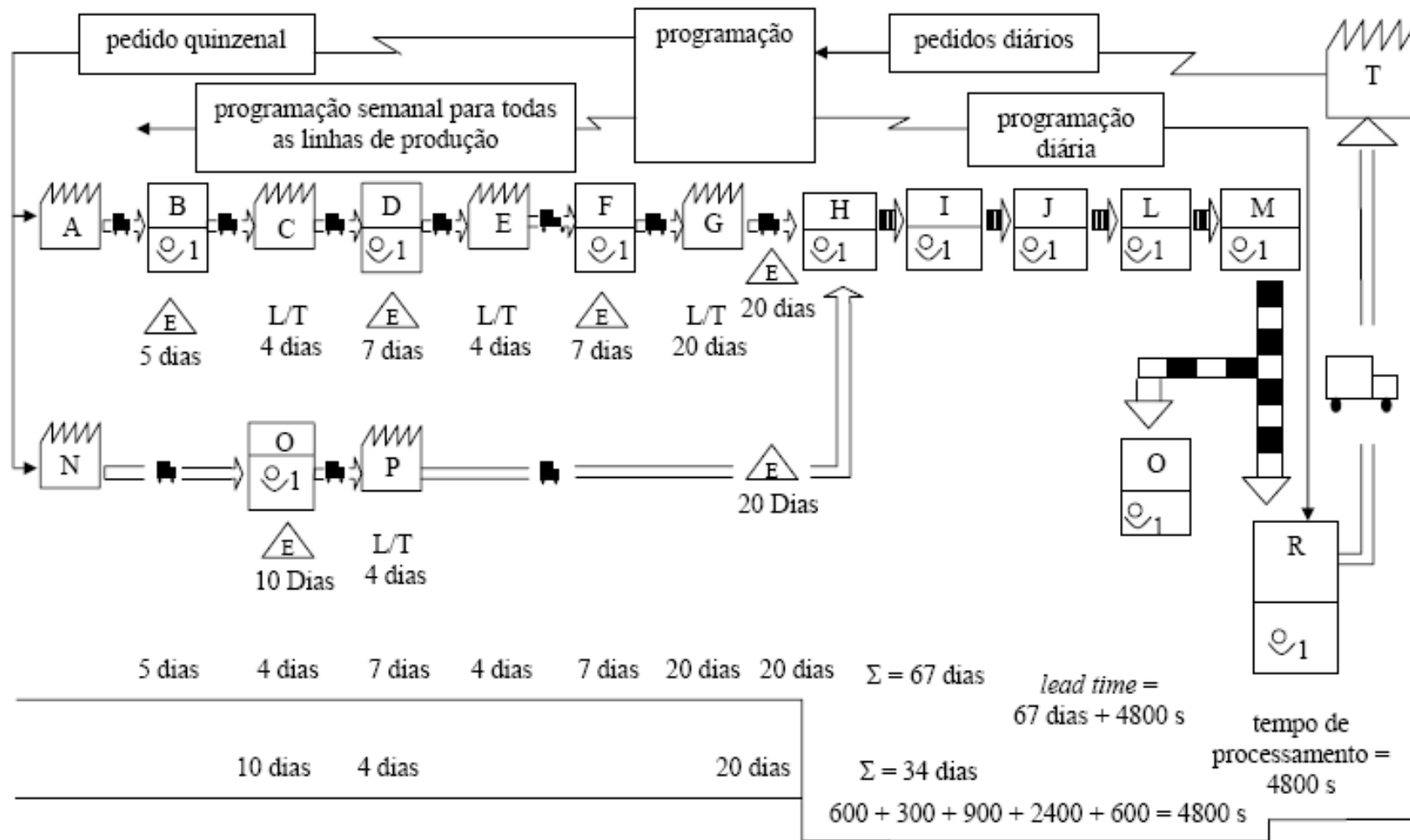


Figura 15: Mapa do Estado Atual
 FONTE: Rentes *et al* (2004)

Analisando o mapa do estado atual, é possível observar três grandes problemas:

- 1) O *lead-time* para a produção da bomba de vácuo é muito elevado, 67 dias;
- 2) Existe muita movimentação interna entre os processos, o que significa desperdício de movimentação, onde não está sendo agregado valor ao produto final;
- 3) Elevados estoques intermediários, que também são considerados desperdícios pois não agregam valor ao produto final.

De acordo com o mapa do estado futuro (figura 16) é possível analisar quais foram as soluções, ferramentas, técnicas e procedimentos adotados para eliminar os desperdícios encontrados e aumentar a produtividade com a diminuição dos custos. As soluções encontradas foram:

- Utilizar método *Kanban* para a produção e transporte, auxiliando na comunicação entre os processos;
- Procurar um fornecedor que venda os conjuntos usinados eixo-rotor e carcaça-tampa-anel;
- Estabelecer um fluxo contínuo para as atividades de lavar/ tampar/ testar/ pintar;
- Elaborar células de produção para as atividades de lavar/ tampar/ testar/ pintar.

Estas soluções colaboraram para a elaboração do mapa do estado futuro visando o melhor aproveitamento dos colaboradores, a identificação e eliminação dos desperdícios encontrados e a satisfação dos clientes, minimizando o tempo de entrega do produto final.

4.2.2. Mapeamento do Estado Futuro

No estudo de caso selecionado não foi citado o período de implementação do estado futuro a partir da análise no mapa do estado atual, no entanto as análises feitas durante o estudo deste trabalho comprovam que a implementação do estado futuro pode (e deve) ser feita num período de no máximo 06 a 12 meses.

Como citado anteriormente, os autores Rother & Shook (1999) afirmam que quando o mapa do estado futuro é alcançado, ele se torna atual. A partir desse ponto surge a necessidade de se elaborar outro mapa futuro, tornando-se assim, um ciclo contínuo de melhorias.

A figura 16 ilustra o mapa do estado futuro alcançado neste estudo de caso.

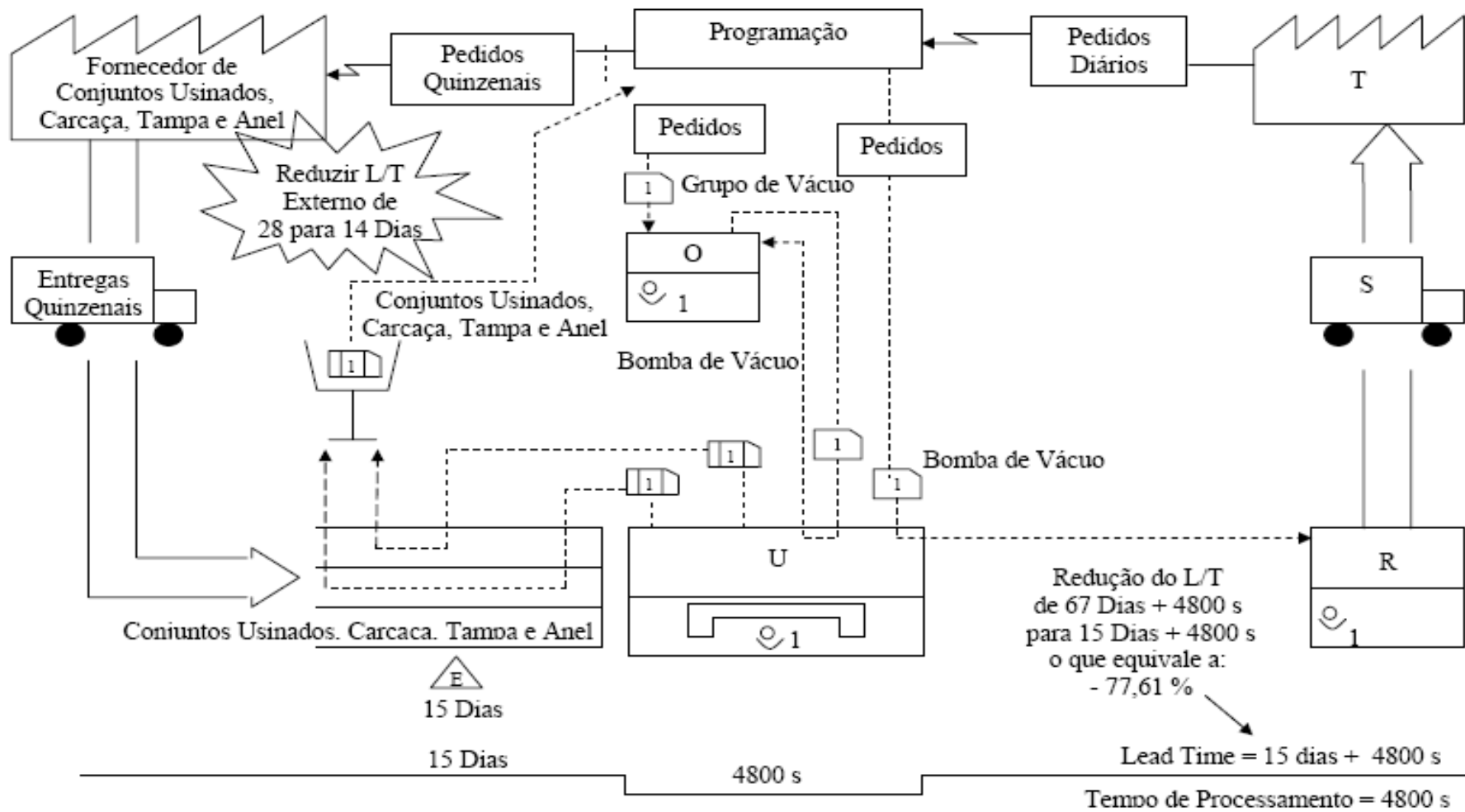


Figura 16: Mapa do Estado Futuro
 FONTE: Rentes *et al* (2004)

4.3. Planos de Trabalho e Implementação

Comparando-se os dois mapas, com base em um estudo feito por Luz & Buiar (2004), foi elaborada a tabela abaixo:

Tabela 03: Indicadores de Desempenho do Estado Futuro

Indicador	Descrição	Resultado
<i>Lead-Time</i>	Tempo de transformação da matéria-prima até a expedição, incluindo os estoques	77,61% menor
Tempo de Processamento	Tempo efetivo de produção	Igual
Velocidade de Entrega	Tempo de ciclo da linha de montagem	4 vezes maior
Recursos	Mão-de-obra, equipamentos e área da fábrica	Equipamentos e área de fábrica continuaram os mesmos, porém o número de colaboradores caiu de 11 para 3 pessoas

FONTE: Elaboração própria (2008)

Conforme análise realizada sobre este estudo de caso, foi possível observar a utilização de técnicas e ferramentas *lean* descritos na tabela 04 abaixo:

Tabela 04: Indicadores X Ferramentas e Técnicas

Indicador	Ferramentas e Técnicas
<i>Lead-Time</i>	<i>kanban</i> , produção puxada, células de produção
Tempo de Processamento	Fluxo contínuo, <i>takt-time</i> , operações padronizadas, JIT
Velocidade de Entrega	Fluxo contínuo, <i>takt-time</i> , operações padronizadas, JIT
Recursos	<i>Heijunka</i> e <i>Jidoka</i>

FONTE: Elaboração própria (2008)

CONCLUSÃO

Tendo em vista o cenário industrial atual, as organizações se deparam com o mercado cada vez mais acirrado em busca de produtos específicos. As indústrias precisam de sistemas, técnicas e ferramentas que as auxiliem nos processos produtivos com a finalidade de reduzir os custos de produção para se manterem no mercado.

A redução destes custos deve ser realizada levando em consideração a qualidade dos serviços prestados, pois isso não pode implicar no grau de qualidade e confiabilidade dos produtos. A Produção Enxuta é um sistema desenvolvido com o intuito de identificar e eliminar as fontes dos desperdícios nos processos de produção, que acabam negligenciando a qualidade dos produtos fazendo com que os consumidores paguem também pelas perdas do processo. Dentre as técnicas e ferramentas da Produção Enxuta, a mais importante (e essencial) é o Mapeamento do Fluxo de Valor que é capaz de identificar todos os desperdícios. É por meio desta ferramenta que os planos de implementação de outras técnicas e ferramentas *lean* são elaborados. O estudo de caso analisado demonstrou o quanto eficaz é o Mapeamento do Fluxo de Valor, pois permitiu a eliminação de vários postos de trabalhos desnecessários, além de reduzir os estoques, movimentações e *lead-time* de todo o processamento.

O mapa do estado futuro foi desenhado somente com as atividades que agregam valor ao produto final, eliminado assim, todos os desperdícios encontrados no mapa do estado atual feito anteriormente. Ao final da análise foi possível comprovar as vantagens citadas anteriormente pela utilização desta ferramenta descritas por Rother & Shook (1999).

Por meio dos estudos realizados durante a elaboração deste trabalho, foi constatado que no Brasil a implantação de Sistemas Enxutos é uma novidade, pois as iniciativas para a introdução de princípios enxutos são recentes.

Como proposta para trabalhos futuros pode-se destacar o Mapeamento do Fluxo de Valor para produtos com ampla gama de peças. Essas análises são complexas e difíceis de se realizar. É necessário dedicar esforços nos estudos de mapas para produtos que possuam muitos componentes, pois nestes casos será necessário a divisão da família de componentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, C. A. C. *Desenvolvimento e Aplicação de um Método para Implementação de Sistemas de Produção Enxuta utilizado os Processos de Raciocínio da Teoria das Restrições e o Mapeamento do Fluxo de Valor*. São Carlos – SP, 2004. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

BOUZON, M. *Produção Enxuta: Um Modelo Toyota de Sucesso e seus Impactos na Logística*. Disponível em: <http://www.gelog.ufsc.br/Publicacoes/20062/tps.pps>. Acesso em 12/02/2008.

BRITO, A. J. *A Inteligência da Produção Enxuta*. In: VI Semana em Administração da FEA – USP. Ribeirão Preto – SP, 2003.

CAMPOS, V. F. *TQC – Controle de Qualidade Total*. Disponível em: http://paginas.terra.com.br/negocios/processos2002/controle_da_qualidade_total.htm. Acesso em 06/03/2008.

CARDOSO, F. F.; MARTINELLI, F. A. *Tecnologia e Gestão da Produção de Edifícios*. In: Programa de Educação Continuada da Escola Politécnica. São Paulo – SP, 2000.

CARNEIRO, F. L. *O Sistema de Produção Enxuta e sua Implantação na Volkswagen do Brasil*. 2003. São Carlos.

DEMING, W. E. *Qualidade: A Revolução da Administração*. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990. Disponível em: http://paginas.terra.com.br/negocios/processos2002/ciclo_pdca.htm. Acesso em 15/02/2008.

FERRO, J. R. *A Essência da Ferramenta “Mapeamento do Fluxo de Valor”*. Disponível em: https://www.lean.org.br/download/artigo_07.pdf. Acesso em 21/12/2007.

FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. M. *Troca Rápida de Ferramentas Proposta Metodológica e Estudo de Caso*. In Revista Gestão & Produção. São Carlos: Cubo, v. 10, n.2, 2003.

FRANCISCHINI, P. G. *Troca Rápida de Ferramentas – SMED*. Disponível em: <http://www.poli.usp.br/pro/disciplinas/docs/pro2421/p2421jit%20Apostila%20TRF.pdf>. Acesso em 27/02/2008.

GHINATO, P. *Elementos Fundamentais do Sistema Toyota de Produção*. In: ALMEIDA, A. T. & SOUZA, F. M. C. *Produção e Competitividade: Aplicações e Inovações*. Recife: Editora da UFPE, 2000.

GHINATO, P. *Sistema Toyota de Produção: Mais do que um simplesmente Just-in-Time*. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996.

GRIMAS, W. Método para Análise e Melhoria do Processo. Disponível em: http://www.wsgrimas.com/Processos_MAMP.pdf. Acesso em 26/02/2008.

KLIPPEL CONSULTORES ASSOCIADOS. *O Sistema Toyota de Produção*. Disponível em www.klippel.com.br. Acesso em 16/12/2007.

KOSAKA, G. I. *Jidoka*. In: Lean Summit – 2006. São Paulo – SP, 2006.

LEMONS, A. C. D. *Aplicação de uma Metodologia de Ajuste do Sistema Kanban em um Caso Real Utilizando a Simulação Computacional*. Florianópolis – SC, 1999. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

LOPES, M. C. *Modelo para Focalização da Produção com Células de Manufatura*. Florianópolis – SC, 1998. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

LUIS, S.; ROZENFELD, H. *Análise de Valores*. Disponível em: http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/analise_de_valores.htm. Acesso em 03/03/2008.

LUZ, A.R.C., BUIAR, D.R. *Mapeamento do Fluxo de Valor – Uma Ferramenta do Sistema de Produção Enxuta*. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis-SC, 2004.

MENEZES, R. L. *Aplicação de Conceitos e Técnicas de Produção Enxuta em um Sistema de Manufatura*. São Carlos – SP, 2003. Monografia (Graduação). Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

MOREIRA, E. A.; MIGUEL, P. A. C. *Relato de um caso dos primeiros passos sobre a aplicação da produção enxuta em processos administrativos*. XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Porto Alegre-RS, 2005.

NUMA. *Ferramentas da Produção Enxuta*. Disponível em: <http://www.numa.org.br/gmo/itens/ferramprodenxuta.htm>. Acesso em 18/02/2008.

PIZZOL, W. A.; MAESTRELLI, N. C. *Uma Proposta do Mapeamento do Fluxo de Valor a uma Nova Família de Produtos*. In: Simpósio Internacional de Engenharia Automotiva. São Bernardo do Campo, 2005.

PRADO, C. S. *Proposta de um Modelo de Desenvolvimento de Produção Enxuta com utilização da Ferramenta Visioneering*. São Carlos – SP, 2006. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

RENTES, A.F., QUEIROZ, J.A., ARAUJO, C.A.C. *Transformação Enxuta: Aplicação do Mapeamento do Fluxo de Valor em uma Situação Real*. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Florianópolis-SC, 2004.

RENTES, A. F.; NAZARENO, R. R.; SILVA, A. L. *Mapeamento do Fluxo de Valor para Produtos com Ampla Gama de Peças*. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ouro Preto-MG, 2003.

ROTHER, M.; SHOOK, J. *Aprendendo a enxergar*. 1ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 1999.

SHINGO, S. *O Sistema Toyota de Produção: Do Ponto de Vista da Engenharia de Produção*. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SHINGO, S. *Sistema de Troca Rápida de Ferramentas: Uma Revolução nos Sistemas Produtivos*. Porto Alegre: Bookman, 2000.

SILVA, A. L.; BUOSI, T.; SILVA, V. C. O. *Melhorando o layout físico através da aplicação do conceito de célula de produção e redução da movimentação: Um estudo de caso*. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba – PR, 2002.

SILVA, A. L. e RENTES, A. F. *Tornado o layout enxuto com base no conceito de mini-fábricas de produção: um estudo de caso*. In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba – PR, 2002.

SLACK, N., CHAMBERS, S., JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2002.

WOMACK, J. P. *A Mentalidade Enxuta nas Empresas (Lean Thinking): Elimine o Desperdício e Crie Riqueza*. São Paulo: Campus, 2004.