

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO**

**EVENTOS KAIZEN APLICADOS NO PROCESSO DE
LINHA DE MONTAGEM SMT PARA REDUÇÃO DE TEMPO DE
SET-UP: ESTUDO DE CASO**

ALBERJAN DE JESUS JEAN PINTO

MANAUS

2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO**

**EVENTOS KAIZEN APLICADOS NO PROCESSO DE
LINHA DE MONTAGEM SMT PARA REDUÇÃO DE TEMPO
DE SET-UP: ESTUDO DE CASO**

ALBERJAN DE JESUS JEAN PINTO

MANAUS

2012

ALBERJAN DE JESUS JEAN PINTO
**EVENTOS KAIZEN APLICADOS NO PROCESSO DE LINHA DE MONTAGEM
SMT PARA REDUÇÃO DE TEMPO DE SET-UP: ESTUDO DE CASO**

MANAUS

2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
DE PRODUÇÃO**

ALBERJAN DE JESUS JEAN PINTO

**EVENTOS KAIZEN APLICADOS NO PROCESSO DE
LINHA DE MONTAGEM SMT PARA REDUÇÃO DE TEMPO DE
SET-UP: ESTUDO DE CASO**

Dissertação apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para a qualificação e obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, área de concentração Gestão da Produção.

Orientador: Prof. Dr. Nilson Rodrigues Barreiros

MANAUS

2012

Ficha Catalográfica
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

Pinto, Alberjan de Jesus Jean

P659e Eventos Kaizen aplicados no processo de linha de montagem SMT para redução de tempo de Set-up: estudo de caso / Alberjan de Jesus Jean Pinto. - Manaus: UFAM, 2011.

119 f.; il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) — Universidade Federal do Amazonas, 2011.

Orientador: Prof. Dr. Nilson Rodrigues Barreiros

1. Eventos Kaizen 2. Administração da produção 3. Tecnologia em Montagem de Superfície (SMT) I. Barreiros, Nilson Rodrigues (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas III. Título

CDU 65.012.261(043.3)

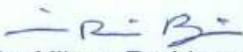
ALBERJAN DE JESUS JEAN PINTO

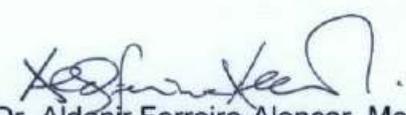
**EVENTOS KAIZEN APLICADOS NO PROCESSO DE
LINHA DE MONTAGEM SMT PARA REDUÇÃO DE TEMPO DE
SET-UP: ESTUDO DE CASO**

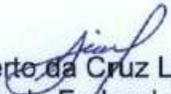
**Dissertação apresentado ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Federal do Amazonas, como
requisito parcial para a qualificação e obtenção
do título de Mestre em Engenharia de Produção,
área de concentração Gestão da Produção.**

Aprovada em 15 de julho de 2011.

BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Nilson Rodrigues Barreiros, Presidente.
Universidade Federal do Amazonas


Prof. Dr. Aldenir Ferreira Alencar, Membro.
Universidade Federal do Amazonas


Prof. Dr. Adalberto da Cruz Lima, Membro.
Universidade Federal do Pará

A Deus, meu maior Mestre, pelo Ser Supremo, onipotente, onisciente e onipresente que me fortaleceu e capacitou com a perseverança para continuar e concluir esse Mestrado.

A minha esposa Ikelane, pela compreensão e apoio em todos os momentos necessários. Agradeço por sua dedicação e amor.

A minhas filhas Maria Eduarda Pinto e Ana Julia Pinto pela força e estímulo que me proporcionaram para continuar a jornada. A meu irmão Abner Pedro pelo apoio e solidariedade manifesta no decorrer da elaboração desta Dissertação. A todos que contribuíram de forma direta ou indireta, o meu muito obrigado.

“Quanto mais *crítico* um grupo humano, tanto mais democrático e permeável, em regra. Tanto mais democrático, quanto mais ligado às condições de sua circunstância. Tanto menos experiências democráticas que exigem dele o conhecimento crítico de sua realidade, pela participação nela, pela sua intimidade com ela, quanto mais superposto a essa realidade e inclinado a formas ingênuas de encará-la. Há formas ingênuas de percebê-la. Há formas verbosas de representá-la. Quanto menos criticidade em nós, tanto mais ingenuamente tratamos os problemas e discutimos superficialmente os assuntos”.

PAULO FREIRE

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a aplicação das ferramentas do Sistema de Produção Enxuta (SPE), cuja principal ferramenta trabalhada foi o Mapeamento da cadeia de valor (VSM), num processo denominado Tecnologia em Montagem de Superfície (SMT). Princípios que regem a produção enxuta, eliminação de desperdícios e a criação do fluxo de valor em uma situação real, através de eventos *kaizen*, foram utilizados para a obtenção de resultados dessa aplicação, evidenciando uma transformação enxuta, com expressivas reduções dos desperdícios gerados no processo. O período da pesquisa foi de oito meses em uma empresa privada situada no PIM, onde por meio da utilização de ferramentas desse sistema e a metodologia da pesquisa-ação, foi possível identificar o processo crítico – setup para onde se concentraram as ações de melhorias. Com a mudança na sistemática de setup, no trabalho padronizado e criação de um setup programado, utilizando indicações visuais, favorecendo o fluxo contínuo nesta cadeia produtiva. No desenvolvimento da pesquisa, foram realizados treinamentos in loco com os operadores, líderes, supervisores e os engenheiros responsáveis, os quais participavam ativamente nas ações de melhoria. Portanto, através do mapeamento da cadeia de valor, propõem-se desenhar o estado atual da cadeia, propondo um estado futuro, identificando e eliminando aquilo que não agrega valor. Com isso, quantificar o aumento na produtividade no chão de fábrica e ganhos totais de áreas na fábrica.

Palavras-chave: Sistema de Produção Enxuta. Eventos Kaizen. SMT, Set-up Programado.

ABSTRACT

This work was aimed at applying the tools of the PRS System (Lean Production), whose primary tool was crafted VSM (Value Stream Mapping), a process known as SMT (Surface Mount Technology). Principles for lean production, eliminating waste and creating value stream in a real situation through kaizen events, were used to obtain results of this application, showing a lean transformation, with significant reductions in waste generated in the process. The study period was eight months into a private company located in PIM, where through the use of tools of this system and methodology of action research, it was possible to identify the critical process - setup - where focused improvement actions. With the change in the system setup, the standard work and creating a setup program using visual aid, favoring the continuous flow in this process. During the research, trainings were conducted in the factory with the operators, leaders, supervisors and engineers responsible, who participated actively in the improvement actions.

Therefore, through value stream mapping, we propose to draw the current state of the stream, offering a future state, identifying and eliminating everything does not add value. To quantify the increase in productivity on the factory floor and total earnings of areas in the factory.

Key Word: Lean Production System, Kaizen Event Production, SMT, Preparation Set-up.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Diferenças entre os modelos de gestão japonês e americano.....	27
Tabela 2: Exemplo de uma Agenda Semana Kaizen.....	66
Tabela 3: Instrumentos e Abordagens para o Método de Pesquisa	81
Tabela 4: Cronograma do evento kaizen – (próximos seis meses).....	92
Tabela 5: Detalhamento da Redução de Movimentação.....	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Situação ideal conforme a 1ª regra do TPS.....	41
Figura 2: Situação ideal conforme a 2ª regra do TPS.....	42
Figura 3: Situação ideal conforme a 4ª regra do TPS.....	43
Figura 4: Elementos do Sistema de Produção Enxuta.....	45
Figura 5: Mapeamento do Fluxo de Valor.....	48
Figura 6: Papel do gerente do fluxo de valor.....	48
Figura 7: Símbolos utilizados no Mapeamento do Fluxo de Valor.....	50
Figura 8: Métricas utilizadas no VSM.....	50
Figura 9: Ilustração das etapas que compõem o mapeamento do fluxo de valor.....	51
Figura 10: Tipos de Kanban.....	55
Figura 11: Situação ideal do modelo de produção considerando o fluxo contínuo.....	59
Figura 12: Objetivos do <i>Kaizen</i>	64
Figura 13: Foco principal do <i>Kaizen</i> são os desperdícios.....	65
Figura 14: Evolução para encapsulamentos de 24 pinos.....	67
Figura 15: Evolução para encapsulamentos de 8 pinos.....	67
Figura 16: Componente SMD – Referência de Tamanho Físico.....	68
Figura 17: Componente SMD – Referência de Tamanho Físico.....	68
Figura 18: Típica Linha de Produção SMT.....	70
Figura 19: Etapas para Montagem SMT.....	70
Figura 20: Serigrafia e Aplicação de Pasta de Solda.....	71
Figura 21: Forno de Refusão.....	71
Figura 22: Posto de Revisão.....	72

Figura 23: Equipamentos AOI.....	72
Figura 24: Exemplo de Máquina de Compor Componentes SMT.....	73
Figura 25: Cabeçotes de Máquina de Compor Componentes SMT.....	74
Figura 26: Alimentadores para Composição SMT.....	74
Figura 27: Mesas para Alimentadores.....	75
Figura 28: Tipos de pesquisa científica, segundo Togneti (2006).....	82
Figura 29: Tipos de pesquisa científica, segundo Santos (2002).....	82
Figura 30: Delineamento da pesquisa científica, segundo Martins.....	83
Figura 31: Transformação Enxuta.....	89
Figura 32: Planejamento do evento Kaizen.....	90
Figura 33: Revolution “Team” Evento Kaizen.....	91
Figura 34: Mapa do Estado Atual (VSM 1).....	94
Figura 35: Revolution Team Evento Kaizen (Organização 1).....	95
Figura 36: Revolution Team Evento Kaizen (Organização 2).....	96
Figura 37: Fluxo de Processo Total (SMED 1).....	97
Figura 38: Fluxo de Informação (SMED 2).....	98
Figura 39: Fluxo de Documentação (SMED 3).....	99
Figura 40: Set-up Programado (Situação Antes).....	100
Figura 41: Set-up Programado (Situação Depois).....	100
Figura 42: Melhoria da identificação do Feeders (Situação Depois 1).....	101
Figura 43: Melhoria da identificação do Feeders (Situação Depois 2).....	101
Figura 44: Melhoria da Movimentação (Mudança de Set-up).....	103
Figura 45: Mapa do Estado Futuro (VSM 2).....	104

Figura 46: Resultado Final 1.....	105
Figura 47: Resultado Final 2.....	106
Figura 48: Resultado Final 3.....	106

LISTA DE SIGLAS

SMTA Surface Mount Technology Association

MIT *Massachusetts Institute of Technology*

TPS *Toyota Production System*

SPE *Sistema de Produção Enxuta*

TPM *Trabalhadores na Manutenção Produtiva*

JIT *Just In Time*

VSM *Value Stream Mapping*

T/C *Tempo de Ciclo*

V/A *Tempo de Agregação de Valor*

L/T *Lead Time*

MP *Mapa de Processo*

WIP *Work-in-Process*

PEPS *Primeiro que entra, Primeiro que sai*

MC *Melhoria Contínua*

SM (*Surface Mount*)

AOI *Automated Optical Inspection*

PCB *Printed Circuit Board*

SMD *Surface Mount Device*

SMT *Surface Mount Technology*

THT *Through Hole Technology*

TH *Through-Hole*

SMED *Single Minute Exchange of Die*

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	17
1.1 JUSTIFICATIVA DA PESQUISA.....	18
1.2 ESCOPO DA PESQUISA.....	19
1.3 CONDICIONANTES DA PESQUISA.....	20
1.4 OBJETIVOS.....	22
1.4.1 Geral.....	22
1.4.2 Específicos.....	22
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	22
2. OS SISTEMAS DE PRODUÇÃO	23
2.1 O SISTEMA DE PRODUÇÃO TRADICIONAL.....	23
2.2 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....	24
2.3 DESPERDÍCIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA.....	33
2.4 PRINCÍPIOS DA PRODUÇÃO ENXUTA.....	35
2.4.1 Criação de valor sob a perspectiva do cliente.....	35
2.4.2 Cria o fluxo de valor enxuto de maneira contínua e estável.....	35
2.4.3 Fazer o processo fluir sem interrupções.....	36
2.4.4 O cliente puxa o valor do produto.....	37
2.4.5 Buscar a perfeição.....	38
2.5 ELEMENTOS DA PRODUÇÃO ENXUTA.....	44
2.5.1 Just in time (JIT).....	45
2.5.2 Controle Visual.....	46
2.5.3 Produção Nivelada.....	46
2.5.4 Trabalho Padronizado.....	44
2.6 FERRAMENTAS E TÉCNICAS DE PRODUÇÃO ENXUTA.....	47
2.6.1 Mapeamento do Fluxo de Valor.....	47
2.6.2 Layout da Manufatura Enxuta.....	53
2.6.3 Técnicas de Formação de Células.....	54
2.6.4 Sistema Kanban de Controle de Produção.....	54
2.6.5 Fluxo contínuo.....	58
2.6.6 Melhoria Contínua e utilização do Kaizen.....	62
2.6.6.1 Metodologia KAIZEN.....	63
2.7 MANUFATURA SMT.....	67
2.7.1 Caracterizando a Tecnologia de Manufatura SMT.....	67
2.7.2 Linhas de Montagens para componentes SMT.....	70
2.7.2.1 Serigrafia.....	71
2.7.2.2 Soldagem.....	71
2.7.2.3 Revisão e Reparo.....	72
2.7.2.4 Inspeção de Montagem Automatizada.....	72
2.8 EQUIPAMENTOS PARA COMPOSIÇÃO SMT.....	73
3. METODOLOGIA DE PESQUISA	79
4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	88
4.1 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES.....	92
CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
REFERÊNCIAS	112

INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, onde a sazonalidade econômica oscila, incertezas política, crises repentinas em países economicamente estáveis, fazendo com que grandes companhias fechem, criem novas fusões, etc., faz-se necessário medidas que tornem as empresas preparadas e competitivas mediante aos novos desafios num mundo cada vez mais globalizado, onde fronteiras deixam de existir, distâncias são cada vez menores, moedas se fundem e economias dominantes cada vez mais tem penetração em países emergentes como o Brasil.

Para Porter (1999), as empresas buscam continuamente melhorar seus processos com custos cada vez menores porque essa atitude é forçada pelas exigências dos clientes e pela competitividade global, pois para competir com eficácia neste ambiente altamente competitivo, as empresas devem procurar inovar e aprimorar suas vantagens competitivas.

Segundo Senge (2004) uma das maneiras de acompanhar esta nova realidade é o aperfeiçoamento permanente da empresa, envolvendo todos os funcionários, conscientizando-os de que pelo esforço conjunto de cada um é que a empresa sobreviverá e poderá crescer e manter os processos conquistados.

É neste cenário que surgem as organizações que aprendem, diante de uma necessidade emergente das empresas para melhorarem seus processos, reduzindo custos e inovando constantemente para que possam se adaptar às mudanças sociais e tecnológicas, bem como os contínuos desafios impostos pela economia num ambiente competitivo.

O Sistema Toyota de Produção (*Toyota Production System* – TPS) tem sido mais recentemente referenciado como “Sistema de Produção Enxuta”. A produção “enxuta” (do original em inglês, “*lean*”) é, na verdade, um termo cunhado no final dos anos 80 pelos pesquisadores: Daniel Roos, James Womack e Daniel Jones do (*International Motor Vehicle Program* - IMVP), um programa de pesquisas ligado ao MIT, para definir um sistema de produção muito mais eficiente, flexível, ágil e inovador do que a produção em massa; um sistema habilitado a enfrentar melhor um mercado em constante mudança.

Neste sentido, novos conceitos e novas práticas surgem em formatos de modelos que buscam essencialmente a otimização dos processos, e isso se faz para atender clientes cada vez mais exigentes. De fato, os resultados serão os ganhos de lucros cada vez maiores em curto, médio e longo prazo. Estes conceitos e práticas têm representado as divisas entre uma empresa

ótima e seus clientes altamente satisfeitos, pois se cria uma trama de relacionamento de parceria do tipo ganha-ganha.

A produção enxuta lança mão de algumas ferramentas com o intuito de otimizar o processo produtivo nas empresas, entre elas: o Mapeamento do Fluxo de Valor – MFV (do original em inglês, “*Value Stream Mapping-VSM*”), o *Heijunka Box*, sistema *Kanban*, SMED, ANDON entre outros. Dentro dessa filosofia, enfatizando o VSM mostra-se de fundamental importância para o conhecimento do completo da cadeia produtiva, desde a matéria-prima até o consumidor final. Esta ferramenta, introduzida por Mike Rother e John Shook (ROTHER e SHOOK, 1999), é um método de modelagem de empresas relativamente simples (utiliza papel e lápis) com um procedimento para construção de cenários de manufatura. Esta modelagem leva em consideração tanto o fluxo de materiais como o fluxo de informações e ajuda bastante no processo de visualização da situação atual e na construção da situação futura.

McDonald T, Van Aken EM, Rentes AF (2003) afirma que a aplicação do VSM no processo de fabricação é de fundamental importância para o entendimento das situações: atual e futura. Ele é aceito como uma ferramenta *lean* e tem sido aplicada a uma variedade de indústrias. Neste papel o mapeamento do fluxo de valor é descrito como uma ferramenta do SPE que identifica desperdícios no processo.

Portanto combinar técnicas de eventos Kaizen com uso intergrado das ferramentas do TPE estabelece uma inovação metodológica na gestão da mudança, a fim de alcançar a maturidade do processo, é o objetivo de análise desse trabalho avaliado no que hoje pode ser considerado o diferencial dentro das organizações, e que uma vez estando direcionado, estimulado e focado para as metas.

1.1 Justificativa da Pesquisa

As indústrias de manufatura de um modo geral preocupada com os resultados dos seus mais diversos segmentos buscam através de ferramentas gerenciais otimizar os processos de forma eficaz com objetivo de reduzir os custos. Porém se deparou com gargalos e desperdícios localizados em alguns setores da cadeia produtiva. A dificuldade de atender a todos os clientes é o grande problema, porém custos com desperdícios também é notório dentro do setor, custos estes gerados por estoques excessivos, produtos fora do prazo de validade e re-trabalho no

processo de entrega de materiais solicitados e ainda, sistema informação truncada, sem confiabilidade.

Dependendo da quantidade de produtos a serem produzidos e da variedade dos componentes eletrônicos utilizados durante a montagem, a manufatura requer não só máquinas especializadas, mais necessitam também de um processo capaz de absorver toda essa mudança.

A demora na preparação dos equipamentos de montagem pode fazer com que muitas linhas de manufatura permaneçam ociosas enquanto esperam as configurações necessárias para o início da produção.

A partir dos resultados da aplicação de tal tecnologia, novas arenas competitivas se desenvolvem forçando as empresas a revisarem suas práticas de manufatura pela ampliação de conceitos de produção enxuta, adaptação e utilização de metodologias e ferramentas ofertadas, impondo à necessidade de uma permanente aprendizagem e melhoria contínua.

Por outro lado, o número de pedidos é alto dificultando o atendimento no prazo exigido pelos clientes e gerando um *lead time* longo o que leva a um descrédito no processo, implicando em custos adicionais para a companhia e reclamações junto aos clientes. Partindo desta premícia, é necessária uma intervenção na cadeia produtiva para que se consiga responder com eficiência e eficácia às atribuições para o qual o setor justifica sua existência dentro da estrutura organizacional.

Partindo desta problemática foi aplicado eventos Kaizen, como elemento do *STP*, no processo de produção SMT para solucionar o incômodo gerado pela ineficiência do setor, e detectado os desperdícios através do Mapeamento do Fluxo de Valor.

1.2 Escopo da Pesquisa

O estudo deste trabalho se limita às melhorias a serem aplicadas em uma linha de produção, essa linha monta placas de subconjuntos e partes principais. Envolvendo todas as atividades necessárias a montagem deste produto, desde o abastecimento da matéria-prima até a sua entrega ao cliente final, que no caso é um cliente interno da empresa, a linha de montagem final.

Todas as melhorias a serem apresentadas serão baseadas nas necessidades da empresa, que busca principalmente a eliminação dos desperdícios da linha em questão por ser a mais

problemática e causar grandes paradas no cliente final, decorrentes da falta dos subconjuntos montados.

1.3 Condicionantes da Pesquisa

Diante do ambiente organizacional em que foi desenvolvida a pesquisa, o primeiro condicionante correspondeu ao tipo de empresa, o setor privado, o qual possui características receptiva e peculiar quanto à aceitação e promoção de melhorias no processo produtivo.

Quanto à cultura organizacional, a disseminação desse conhecimento na empresa tornou-se um fator determinante até para a sobrevivência do negócio, pois os funcionários abraçaram a causa e entenderam que o resultado do sucesso dependia diretamente deles e não envolver os funcionários em prol do sucesso organizacional, quando não há uniformidade e clareza dos objetivos empresariais.

Spear e Bowen (1999), no artigo *Decodificando o DNA do Sistema Toyota de Produção*, analisam o porquê de a maioria das empresas que tentaram replicar o sucesso da Toyota terem falhado. Segundo os autores, essas empresas utilizaram as práticas óbvias do STP e se esqueceram do que os autores chamam de quatro regras implícitas, não escritas, que se constituem no próprio DNA do sistema. Essas regras especificam rigidamente como cada atividade deve ser desenvolvida e também dirigem o modo como as pessoas interagem, seu desempenho, o fluxo de serviços ou produtos e a maneira como os problemas do processo são identificados e tratados. Esta cultura cria, entre os colaboradores da Toyota, uma verdadeira comunidade de cientistas sempre prontos a resolver problemas.

Os autores definiram as quatro regras da seguinte maneira:

1(a) Todo o trabalho deve ser muito bem detalhado em seu conteúdo, seqüência, tempo e resultado esperado. O operador deve estar capacitado a realizar a tarefa e ser capaz de diagnosticar se o trabalho está de acordo com os procedimentos estabelecidos, testando-o imediatamente após a sua conclusão. Quando um problema é diagnosticado, o operador deve pedir ajuda de imediato. Tal rotina permite que qualquer desvio seja notado e corrigido imediatamente, encorajando melhoria e aprendizado contínuos. Área de aplicação: criar e desempenhar atividades que agregam valor.

2(b) Todas as conexões cliente-fornecedor, sejam internas ou externas, devem ser diretas e binárias, sim e não, para enviar solicitações e receber respostas. A solicitação deve partir do

cliente e a conexão é imediatamente confirmada. As quantidades requeridas e o tempo de resposta devem ser bem definidos. Com isto, evitam-se dúvidas sobre quem vai fornecer o produto ou serviço, em que quantidade, para quem, como, onde e em que prazo. Caso haja uma dificuldade, já existe um assistente designado para resolver o problema. Área de aplicação: criar e desempenhar interfaces entre operações.

3(c) Todos os fluxos de produtos ou serviços devem ser simples, diretos e previamente especificados. O fluxo deve ser único, sem loops, sem desmembramento de ramificações e todos os seus elementos devem ser absolutamente necessários. Isto significa que o produto ou serviço não irá para quem ou para que máquina esteja disponível e sim para quem ou para que máquina tenha sido anteriormente definida. Área de aplicação: criar e desempenhar fluxo de atividades.

4(d) Todas as melhorias precisam ser feitas no nível mais baixo possível da organização, de acordo com o método científico e sob a orientação de um líder. Os trabalhadores de chão de fábrica, ou os diretamente envolvidos na atividade, fazem melhorias no seu próprio trabalho, utilizando uma metodologia padrão e estruturada para resolução de problemas, com a assistência de seus supervisores, que agem como se fossem professores. O primeiro passo sempre consiste na identificação do problema e somente após as hipóteses terem sido testadas é que as melhorias devem ser implementadas pelos envolvidos na atividade que está sendo melhorada. A melhoria proposta deve levar da situação atual ao estado ideal, isto é, produtos livres de defeitos, produzidos em lotes de uma unidade, com fornecimento imediato na demanda do cliente, sem desperdícios e com segurança física, emocional e profissional. Também a eficácia da melhoria deve ser testada. Área de aplicação: melhorar tudo o que foi criado e desempenhado pela aplicação das três regras anteriores.

Todas as regras exigem que as atividades, conexões e fluxos sejam testados de modo a sinalizar os problemas automaticamente. É esta resposta contínua aos problemas que faz com que um sistema aparentemente rígido se torne um sistema flexível e adaptável às circunstâncias de mudança. Devido a esta característica, o STP é também conhecido como um sistema de resolução de problemas.

Sendo assim este trabalho visa contribuir com os princípios e regras do sistema de produção enxuta, demonstrando através de eventos Kaizen em um estudo de caso aplicado numa linha de montagem (Tecnologia em Montagem de Superfície – SMT), utilizando o mapeamento do fluxo de valor para redução de tempos Set-up.

1.4 Objetivos

1.4.1 Geral

Identificar desperdícios e eliminá-los através de Eventos *Kaizen* no processo de produção Tecnologia em Montagem de Superfície (SMT), com base nos princípios e regras do Sistema de Produção Enxuta (SPE).

1.4.2 Específicos

- Enxergar de forma visual os gargalos através do VSM;
- Através de técnicas kaizen propor oportunidade de melhorias;
- Eliminar os desperdícios no processo;
- Aumentar a produtividade da produção;

1.5 Estrutura do Trabalho

O trabalho resultante da pesquisa apresenta a seguinte estrutura: o capítulo 1, anteriormente descrito, apresenta, justificando a abordagem estudada, apresentando o problema e os objetivos da pesquisa, finalizando com as condicionantes encontradas durante o desenvolvimento do estudo.

No Capítulo 2 aborda-se a fundamentação teórica do estudo, dando suporte à implementação do evento kaizen com base nos princípios e regras do Sistema de Produção Enxuta – (SPE), com destaque ao referencial quanto à implementação do Mapeamento do Fluxo de Valor.

O Capítulo 3 expõe a metodologia científica adotada para dar suporte à coleta de dados. No capítulo 4 são apresentados e analisados os resultados encontrados com a implementação do evento kaizen. Finalizando, apresentam-se as considerações finais conclusões e sugestões para estudos futuros, encerrando com as Referências.

2. OS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

2.1 O Sistema De Produção Tradicional

As teorias organizacionais surgiram a cada mudança de contexto, como novas alternativas, seguindo o que se poderia chamar de processo evolutivo, adequado às mudanças do ambiente. Santos et al. (2007) destacam um modelo de análise da evolução dos modelos de gestão que contempla três níveis conceituais (revoluções agrícola, industrial e da informação).

Contudo, estes contextos elucidam as diversas práticas de gestão ao longo do tempo, com destaque às mudanças quanto ao foco. Os modelos tradicionais compreendem a produção em massa e da eficiência, ou seja, produção intensa que contempla a capacidade de realizar, diferentemente dos novos modelos de gestão, com o foco na qualidade e na competitividade, tendo em vista o desenvolvimento de habilidades e aptidões.

Em meio às revoluções industriais ocorridas na história, os novos modelos de gestão buscavam atender às necessidades de cada era empresarial quanto aos aspectos político, econômico, social, tecnológico e organizacional. No entanto, somente após a Revolução Industrial, ocorreu a evolução empresarial com suas características gerenciais próprias (SANTOS et al., 2007).

O contexto histórico das práticas de gestão teve início com a produção em massa. Neste contexto, segundo Oderich e Techemayer (2008), surge o conceito de Fordismo caracterizado pelo uso de máquinas, modificando o mundo conforme os processos mecânicos, ou seja, parte de certo estágio do processo de industrialização, de montagem simplificada, adoção de linha de montagem, divisão de tarefas como:

Separação do trabalho físico e mental. O planejamento e controle da produção, redução do esforço humano, aumento de produtividade, diminuição dos custos e aumento do volume produzido. Contudo, o declínio ocorreu devido à burocratização do sistema, crise do petróleo nos anos 70 e estagnação econômica, ascensão do Japão e outros novos concorrentes, falta de políticas industriais claras e melhores orientadas, baixa da qualidade da educação em vários níveis, capitalismo de papel e a especulação financeira e os movimentos sociais e trabalhistas iniciados na Europa.

A evolução dos modelos de gestão ocorreu gradativamente para atender às necessidades de cada era empresarial. Principalmente a partir dos anos 70, mudanças macro-ambientais tornaram obsoletas as práticas anteriormente utilizadas. Assim, houve uma quebra de paradigma que precisa ser avaliada do ponto de vista da evolução dos novos modelos de gestão.

Santos et al. (2007) destaca o impacto destas mudanças em empresas privadas e públicas. Segundo os autores, nas últimas três décadas, as organizações brasileiras passaram a se conscientizar da importância em revisar seus modelos de gestão, isto é, as empresas privadas voltaram-se a sua sobrevivência e competitividade no mercado, enquanto que as empresas públicas mantinham sua motivação voltada para o cumprimento de sua missão, atendendo com qualidade a prestação de serviços de interesse da sociedade.

Nota-se, portanto, que as organizações nacionais concentraram esforços no sentido de recuperar o tempo perdido, tendo em vista as novas práticas gerenciais que possam garantir a sua sobrevivência dentro de um mercado cada vez mais globalizado e competitivo.

2.2 O Sistema Toyota De Produção

Ao longo da década de 1980 surgiram, na literatura gerencial do ocidente, vários estudos que apontaram para um novo paradigma de gestão, observando-se as práticas japonesas que indicavam superioridade em relação às indústrias do ocidente, que percebiam os males da produção em massa e as vantagens de um sistema voltado para a eliminação de desperdícios (WOMACK, JONES e ROOS, 1992).

Na produção em massa observa-se uma preocupação com as atividades em escala, refletida em suas principais características: volume de produção, redução de custos por departamento, foco na inovação voltada à produção, trabalho na produção separado do projeto, relação antagônica com os fornecedores e produção empurrada. Na estruturação das empresas utilizando o paradigma descrito acima, dois nomes tiveram uma contribuição significativa, Ford e Taylor. O primeiro implantou pioneiramente uma linha de montagem e o segundo desenvolveu o conceito de administração científica.

Com a deterioração do modelo tradicional, a indústria japonesa começou a invadir o mercado dos Estados Unidos com produtos inovadores de boa qualidade e de baixo custo, estabelecendo as bases para o surgimento da produção enxuta.

Para analisarmos a história da manufatura enxuta, é indispensável nos referirmos ao Sistema Toyota de Produção (STP). Autores como Shingo (1996), Ohno (1997) e Ghinato (1996) afirmam que os princípios enxutos têm como base o STP, sendo o seu mentor Taiichi Ohno, engenheiro mecânico que entrou para a Toyota Motor Company em 1943, chegando à vice-presidência executiva em 1975.

O STP é uma filosofia de gerenciamento que procura otimizar a organização de forma a atender às necessidades do cliente no menor prazo possível, na mais alta qualidade e ao mais baixo custo, ao mesmo tempo em que aumenta a segurança e o moral de seus colaboradores, envolvendo e integrando não só manufatura, mas todas as partes da organização (GHINATO, 1996).

Chegou-se aos fins dos anos 80 e vimos, no ocidente, que as fábricas implementadas nos EUA pelos fabricantes de automóveis japoneses eram realizações fundamentais para derrubar os argumentos que o sistema de produção japonês, focado na Toyota, dependia das instituições culturais japonesas. Tais fábricas utilizavam mão de obra 100% local, com apenas alguns líderes japoneses, mas aplicando os conceitos do STP. Essas fábricas novas eram conceitualmente diferentes das indústrias americanas há muito estabelecidas, indústrias estas que precisavam tornar-se mais produtivas em função da alta competitividade dos produtos orientais produzidos sob a filosofia conhecida como manufatura enxuta.

Ainda no final dos anos 80, um programa de pesquisas ligado ao *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), chamado *International Motor Vehicle Program* (IMVP), que tinha como objetivo obter uma visão mais clara do futuro da indústria automotiva, cunhou o termo *lean manufacture*.

Com as pesquisas realizadas no MIT, inicia-se o estudo sobre a indústria automobilística, pesquisando-se mais de 90 plantas montadoras de veículos em 17 países.

Em 1990 Womack, Jones e Roos (1992) publicam o livro *A Máquina que Mudou o Mundo*, com os resultados e análises da pesquisa iniciada em 1985.

Em 1996, com resultados de estudos subseqüentes, Womack e Jones (2004) publicam o livro *Lean Thinking: A Mentalidade Enxuta nas Empresas*. Observa-se então um salto, que foi a evolução de um sistema de manufatura para um sistema de gestão, o que seria um sistema de negócios para o século XXI.

A mudança no contexto do mercado concentrou esforços na busca de novos modelos de gestão. A adequação das organizações os novos modelos de gestão ocorreram muito mais através de um processo de evolução contínua ao invés do rompimento ou substituição dos conhecimentos gerenciais, tendo em vista a cultura organizacional.

Contudo, a elevada competitividade e a exigência dos consumidores tornaram obsoleto o sistema de produção em massa, e novas formas mais eficientes de gerenciamento da produção surgiram, com o objetivo de administrar o setor de produção em grandes organizações, tornando empresas ainda mais competitivas e com estratégias adequadas às suas necessidades.

É dessa forma que nos últimos anos há uma grande preocupação em como administrar o setor da produção de grandes organizações (HYES e BROWN, 1999).

Não somente as mudanças no estilo gerencial ou no tipo de produção foram necessárias, mas também prover melhores condições no ambiente de trabalho e investimentos em inovações tecnológicas fez com que algumas empresas mudassem completamente sua estrutura para atender à nova realidade.

Formoso e Lantelme (2000) destacam que em diversos setores industriais, foram introduzidas profundas mudanças nas atividades produtivas, buscando avanços tecnológicos, inovações gerenciais, flexibilidade nos sistemas de produção, redução de inventários, interrelações empresariais e, o foco no cliente.

Nesta perspectiva, empresas detectaram a importância de desenvolver certos princípios, redefinir a estrutura organizacional afim de aplicar a mais adequada à situação, bem como equipes funcionais. Em face às mudanças nas características do mercado, o foco no cliente passou a ser prioridade, uma vez que este se encontra melhor informado e exige produtos de maior qualidade, rapidez na entrega e custo menor.

Modificações no mercado forçaram outras adaptações nas organizações quanto às novas regras, em busca de sobrevivência e crescimento. A indústria japonesa, segundo Bornia (2002), atingiu níveis de excelência e despontou com maior capacidade competitiva em relação à indústria ocidental, especialmente a indústria automobilística com elevados índices de produtividade e de competitividade.

As novas práticas orientais aliadas à filosofia de vida e de produção, evidenciaram o novo modelo de gestão da produção, adotadas por indústrias japonesas, com diversas vantagens em

relação ao tradicional modelo ocidental. Porém, a economia americana ganhou destaque após a segunda guerra mundial e possuía um amplo e diversificado parque industrial.

Para Melo e Rodrigues (2003), a reconstituição da Europa e Japão além do fortalecimento da economia mundial após este período, aumentou a oferta de produtos industrializados e tornou a gestão organizacional a principal preocupação para ganhos de escala, bem como na manutenção de custos operacionais a níveis aceitáveis.

Nota-se que no conjunto de práticas gerenciais, empresas japonesas desenvolviam características peculiares diferentes das empresas ocidentais, com características gerenciais quase sempre opostas, mas sempre de um modo genérico, ou seja, não estando necessariamente todas presentes simultaneamente na mesma empresa ou que todas as empresas se enquadram naquela tipologia. Ouchi (1993) descreve na Tabela 1 as principais características entre os modelos de gestão japonês e americano.

Tabela 1

Diferenças entre os modelos de gestão japonês e americano.

Organizações Japonesas	Organizações Americanas
Emprego vitalício	Emprego a curto prazo
Avaliação e promoção lentas	Avaliação e promoção rápidas
Trajetórias de carreira não especializadas	Trajetória de carreira especializada
Mecanismos de controle implícito	Mecanismos de controle explícitos
Tomada de decisão coletiva	Tomada de decisão individual
Responsabilidade coletiva	Responsabilidade individual
Interesse holístico	Interesse segmentado

Fonte: Ouchi (1993)

Estas diferenças demonstram as razões que levaram ao sucesso da empresa japonesa e às crescentes dificuldades da empresa americana. Desta forma empresas ocidentais reagiram pela busca de novos mecanismos de gestão, constatado que aqueles até então praticados estavam exaurindo sua possibilidade de manter aquelas empresas competitivas, começam a emergir, por exemplo, a gestão participativa e a gestão empreendedora. Todo este cenário foi desencadeado na indústria automobilística, setor que fortaleceu a economia japonesa.

Uma nova compreensão das relações entre organização e o meio, foco no cliente, valorização da inovação e busca pela harmonia entre estrutura, tecnologia e as dimensões

humanas, tornaram-se o diferencial no desenvolvimento das novas concepções na cultura organizacional e das práticas de gestão.

Com a crise do petróleo, o Japão estabilizou-se como o maior produtor de automóveis do mundo, introduzindo novos modelos de produção de manufatura que elevaram sua competitividade global (CORREA e GIANESI, 1996; QUEIROZ et al., 2004).

O novo paradigma gerencial, desencadeado por empresas japonesas durante os anos 1950 melhorou o desempenho diante das dificuldades encontradas nessa época, pelo Japão, no período pós-guerra (LIMA, 2007).

No entanto, no início dos anos 70, segundo Adler et al. (1999), a premissa da competição era o preço e a nova época marcou a acirrada competição entre os Estados Unidos e a manufatura japonesa, a qual modificou expectativas de consumo quanto ao preço e qualidade, diferenciando produtos quanto ao modelo e à tecnologia.

A resposta deste cenário é a qualidade, vital para a exportação e onde houve concentração de esforços para empreender as mudanças, somar esforços, assumir a liderança e as responsabilidades na consecução de um objetivo, o organizacional.

A base financeira, principal indicador para medir desempenho até meados da década de 70, por meio do custo e da lucratividade ou em termos de produtividade com eficiência técnica, para Formoso e Lantelme (2000), esse tipo de concepção predominava nos paradigmas taylorista e fordista de padronização, produção em massa e eficiência, envolvendo as práticas gerenciais.

A noção de estratégias da produção proposta por Skinner (apud DAVIS et al, 2003), mostra a produção com um papel pró-ativo no processo de desenvolvimento da estratégia dentro da organização, agregando valor aos produtos manufaturados e aumentando as margens de lucro. Para Correa e Gianesi (1996) tais decisões podem afetar o desempenho de um sistema de produção quanto ao custo, qualidade, confiabilidade, flexibilidade e velocidade de entrega.

Esta mudança de comportamento nas organizações baseia-se em processos decisórios e a nível estratégico, onde as tomadas de decisões estão atreladas aos objetivos da empresa, contudo, destaca-se a necessidade de contemplar a todos da organização, isto é, envolver os diversos setores da empresa.

A aplicação deste novo paradigma destinado à produção iniciou no Japão, dentro da Toyota Corporation, desenvolvida pelos engenheiros Taiichi Ohno e Shigeo Shingo (LIKER, 2005). Para Kern (2005) este novo modelo de produção foi desenvolvido visando eliminar desperdícios,

reduzir o custo de produção, aplicar novas técnicas para diminuir estoques, produzir em pequenos lotes e elevada qualidade de produtos, gerar cooperação na cadeia produtiva, em face ao contexto pós-guerra no qual estava inserido o país.

Considerando as dificuldades, o trabalho de Ohno perante o gerenciamento da produção da Toyota, desenvolveu novas ferramentas de gestão eficazes e que são capazes de prover melhorias durante o processo, originando o Sistema Toyota de Produção, modelo também conhecido como *Lean Production*. Este novo modelo visa reduzir custos, aumento da competitividade e melhoria do processo manufatureiro de produtos, segundo Melo e Rodrigues (2003).

Há duas maneiras de aumentar a produtividade: uma pelo aumento constante das quantidades produzidas, a outra pela diminuição constante dos trabalhadores. A Toyota escolheu a segunda, que é menos popular, mas que significa repensar em todos os seus detalhes a organização do trabalho. (Ohno, 1997:71)

Womack (1998) utiliza o termo *Lean Thinking* e afirma que este se baseia no Sistema Toyota de Produção, inicialmente desenvolvido no ambiente de manufatura da indústria automobilística, estendendo-se a outros setores. O termo “enxuto” adotado para esta nova forma de produção caracteriza-se pela utilização da metade em relação ao esforço de operários, ao espaço destinado à produção, ao investimento em ferramentas, às horas de planejamento no desenvolvimento de novos produtos, aos estoques de fabricação, dentre outros, resultando em menor índice de defeitos e maior variedade de produtos.

A expressão *lean thinking* utilizada pelo referido autor, significa pensamento enxuto e também faz referência ao STP. No entanto, a variação de nomenclatura deve-se às diferentes áreas onde este modelo de produção é aplicado, ainda que desenvolva o mesmo procedimento metodológico. Por outro lado, o que essa abordagem demonstra é a superficialidade com que o idealizador do STP costuma tratar as questões que dizem respeito, de fato, aos interesses dos trabalhadores.

Vejamos um depoimento sobre o trabalho em equipe:

No fordismo as tarefas eram determinadas pela velocidade requerida pela produção. Assim, se 960 veículos tinham de ser produzidos por dia, em dois turnos de oito horas (i.e., 60 veículos por hora), cada tarefa era definida em múltiplos de um minuto. Se o trabalhador tinha um minuto para cada tarefa, ela trabalhava em todos os veículos; se a sua tarefa era de dois minutos, ele trabalhava em veículos alternados e outro trabalhador fazia o mesmo nos outros veículos da linha. Por exemplo, se o nível de

produção cresce para 1.152 veículos por dia (72 veículos por hora), as tarefas são definidas em unidades de 50 segundos.

Quando a produção cresce, esse método de crescer a produtividade encontra seus limites. Uma fábrica nos EUA alcançou o nível de 100 veículos por hora, o que significa que as tarefas foram reduzidas a 36 segundos. Isso torna muito mais difícil encontrar maiores níveis de eficiência, para encontrar aqueles segundos quando o trabalho não útil está sendo feito fora de cada unidade de 36 segundos. É por isso que a Toyota definiu tarefas em grupo. Isso significa que a racionalização não depende do minuto que o trabalhador está trabalhando no veículo, mas sobre os dez minutos que o grupo de dez homens alocaram para desenvolver certas tarefas no veículo. Esse é o princípio de racionalização que está por trás da introdução do trabalho em equipe da Toyota. (Gounet, 1999)

Segundo Shook (2010) a essência do conhecimento enxuto é aprender fazendo.

Para tanto, o desenvolvimento do STP, segundo Pantaleão e Antunes Jr (2003), é fortalecido com o uso conjunto de princípios e práticas, adotados por organizações industriais de excelentes níveis de desempenho, quando se estabelece um sistema de gestão e de aprendizagem organizacional na melhoria de desempenho.

Quanto às melhorias, entre os anos de 1965 a 1992, segundo Dyer e Hatch (2004), a empresa japonesa e seus fornecedores obtiveram um aumento de 700% em sua produtividade, enquanto que nesse mesmo período, montadoras norte-americanas atingiram 250% e seus fornecedores menos de 50% de aumento na produtividade.

Para a produção enxuta é fundamental a formação de parcerias em longo prazo na cadeia de abastecimento e funciona melhor com produtos e demandas estáveis. Porém na prática, estabelecer parcerias é um objetivo que as empresas precisam alcançar e tende a ser um processo lento e dificultoso, especialmente devido às imposições e a política de beneficiamento de uma só parte.

Dyer e Hatch (2004) enfatizam ainda que a Toyota acolhe seus fornecedores, compartilha o conhecimento, cria redes que permitem a troca de informações, o que ajudou os fornecedores a racionalizar suas operações. As principais vantagens a partir de então foi o aumento de 14% na produção por funcionário, redução de 25% nos estoques e queda de 50% de peças defeituosas. Devido esta tomada de decisão, a empresa ganhou vantagens competitivas e significativas perante o mercado, além de poder cobrar preços maiores em face da melhoria na qualidade de seus veículos.

A presença de produtos comercializados, aumento da exigência dos clientes, diversidade, qualidade, preço e velocidade de entrega geram grandes preocupações quanto à flexibilidade, crucial à sobrevivência das empresas no mercado globalizado e competitivo.

Entretanto, um sistema de manufatura não garante o sucesso competitivo da empresa por tais sistemas produtivos dependerem de uma série de fatores como estrutura oferecida, trabalho conjunto de colaboradores e organização e nível de automação da empresa. Para Melo e Rodrigues (2003), o mesmo ocorre com o sistema de gerenciamento enxuto, o qual se sustenta na automação com a presença humana e no trabalho em equipe para atingir um determinado objetivo.

Planejar, dividir o produto, concentrar várias funções e conectar as partes, são os principais objetivos que tornam o processo otimizado e propicia o bom desempenho do todo. No entanto, existem particularidades e a elas adequações são necessárias, não somente às exceções, mas a toda e qualquer nova área onde haverá o desenvolvimento do sistema de produção enxuta quer seja na confecção de um produto ou na prestação de serviços.

Muitas empresas, segundo Spear e Bowen (1999), tentam desvendar os segredos do STP, algumas sem muito sucesso. Segundo os autores, as empresas confundem suas práticas usuais e ferramentas com o sistema propriamente dito, já que no STP as atividades e os processos são constantemente modificados e puxados para aumentar o nível de performance, possibilitando constante inovação e melhora da empresa.

Todavia, Reis e Picchi (2003) destacam que o STP é sustentado por dois pilares: a automação e o *just in time*. O sucesso da Toyota também se apóia em métodos e técnicas que facilitam, em uma visão sistêmica, o entendimento interno de toda a organização. Liker (2005) ainda acrescenta o fluxo unitário de peças, *kaizen* e nivelamento da produção como elementos fundamentais na excelência operacional da Toyota, aliados aos métodos de melhoria da qualidade e em ferramentas, mundialmente difundidos pela empresa.

Um conjunto de técnicas, práticas de gestão da produção e gestão de recursos humanos é apresentado por Fujimoto (1999), que uma vez interligados, garantem o sucesso da Toyota, tais como:

- práticas de gestão da produção: redução de perdas (*muda*), balanceamento do fluxo da produção (*mura*) e diminuição de carga de trabalho (*muri*); redução de estoques pela utilização do *Kanban*; nivelamento do volume de produção e do mix de produtos; redução dos tempos de

preparação e dos tamanhos de lote; lote unitário de transferência entre máquinas; trabalhadores e tarefas multifuncionais em um *layout* celular; detecção automática de defeitos e parada automática de máquinas (*poka-yoke*); resposta em tempo real aos problemas de produção; inspeção direta feita pelos trabalhadores; limpeza, ordem e disciplina no local de trabalho (5S); gerenciamento visual; ferramentas padronizadas de melhoria da qualidade; atuação dos trabalhadores na manutenção produtiva (TPM).

- práticas na gestão de recursos humanos: emprego estável para os trabalhadores; capacitação de longo prazo de trabalhadores multifuncionais; sistema salarial, baseado parcialmente em desenvolvimento de habilidades; sistema de promoção de líderes; supervisores de produção como membros do sindicato; relacionamento cooperativo com o sindicato; comunicação e motivação dos trabalhadores.

Estas técnicas e práticas de gestão da produção envolvem a todos no processo de produção (bens ou serviços) e estão diretamente ligados e atentos a resolução de problemas.

Uma vez uniformizada a linguagem e o real entendimento, todos são capazes de identificar possíveis locais de perdas e desperdícios na linha de produção. Desta forma, é necessário identificar os tipos de desperdícios ou perdas, que não agregam valor para o cliente final.

Trata-se de um novo modelo de gestão da produção e, segundo Womack e Jones (1998), busca organizar e gerenciar os relacionamentos entre a empresa, os clientes e os fornecedores, no desenvolvimento de produtos e operações de produção.

No ocidente, o STP popularizou como Manufatura Enxuta ou Sistema de Produção Enxuta (SPE) devido ao esforço de Jones e Womack (2004), inicialmente, no setor automobilístico, com o intuito de sempre produzir mais com menos recursos, sem haver perda de qualidade e produtividade.

Portanto, o uso consciente e adequado do SPE serve para melhorar o processo produtivo, aliado a um bom planejamento e criatividade de seus gestores no processo de implementação das mudanças. Todos têm de estar em completa sinergia, uma vez que interfere na velocidade e eficiência do processo.

Porém, segundo Upton (1995), o difícil é o convencimento dos trabalhadores de forma que eles atinjam o total desempenho almejado pela Toyota. Desta forma, a Toyota estabeleceu

seus próprios desafios, formulou problemas e internalizou as perguntas, criando um ambiente adequado na busca por respostas.

A filosofia do SPE recai exatamente em assumir compromissos quando se deseja este novo modelo de produção. Exige total participação das pessoas, da alta direção à média gerência, no processo de tomadas de decisões, estrategicamente envolvendo todos os participantes do projeto, em busca da melhoria organizacional e da cadeia produtiva.

Womack e Jones (1998) ainda destacam a redefinição de funções, departamentos e empresas proporcionados pela produção enxuta, o que contribui positivamente para a criação de valor e da real necessidade de funcionários da cadeia produtiva.

Porém, inicialmente os trabalhos iniciam com a identificação dos desperdícios, aplicação dos cinco princípios e cumprimentos das quatro regras do STP. Para Spear (apud LIMA, 2007) o ato de reconhecer o STP é a aplicação dos princípios ao invés do simples uso de ferramentas, o que de certa forma torna as empresas semelhantes à Toyota, para o alcance do sucesso.

2.3 Desperdícios Da Produção Enxuta

A premissa do STP consiste na produção de produtos (bens e serviços), com baixo custo e eliminação de desperdícios, segundo Lima (2007).

Geralmente, as empresas desenvolvem seus processos produtivos de maneira isolada e geram um volume de estoques entre as operações, imobiliza capital e evidencia o tipo de produção e o gerenciamento do processo.

No entanto, a produção em massa visa produzir mais, em maior velocidade e de maneira mais barata, na perspectiva do custo direto de cada item, ao contrário do modelo desenvolvido pela Toyota, onde o excesso de produção deve ser evitado por visar a redução e/ou eliminação de faltas, desperdícios e estoque, tanto de peças quanto de dinheiro.

Para Womack e Jones (1998), desperdício é caracterizado por qualquer atividade capaz de absorver recursos e que não cria valor. Nesta perspectiva, para atingir a excelência da produção enxuta e a eficiência do Sistema Toyota de Produção, é fundamental eliminar desperdícios encontrados no processo.

Porém, eliminar desperdícios não destaca somente redução de estoques. Liker e Meier (2007) descrevem sete tipos de desperdícios, também considerados como perdas, que não

agregam valor, identificadas pela Toyota e que são aplicadas em processos administrativos e na produção, sendo estas perdas descritas a seguir:

- Superprodução: refere-se àquela produção excessiva ou realizada cedo demais e que resulta em um fluxo pobre em termos de processos e de informações ou mesmo excesso de inventário;

- Espera: caracteriza-se por longos períodos de ociosidade de pessoas, processos e informações, resultando também em fluxo pobre e em lead times muito longo;

- Transporte excessivo: consiste na movimentação excessiva de pessoas, informações, processos ou peças acabadas e que geram dispêndio desnecessário de capital, tempo e energia;

- Processos inadequados ou super-processamento: é a utilização incorreta de ferramentas, sistemas ou procedimentos, ou devido à falta de qualidade destes, geram defeitos e deslocamentos desnecessários. Gera-se a perda com produtos de qualidade maior que a necessária, além da realização de trabalho extra quando há excesso de tempo;

- Inventário desnecessário: é o armazenamento excessivo, a falta de informação ou produtos, resultando em custos excessivos, lead times longos, defeitos e baixo desempenho do serviço prestado ao cliente, ou seja, camufla falta de equilíbrio da produção, atraso na entrega, maior tempo de preparação de máquinas e equipamentos (set-up), etc.;

- Movimento desnecessário: ocorre com a falta de organização no ambiente de trabalho, gera movimentações que não agregam valor ao produto, baixa performance a nível ergonômico e perdas freqüentes de itens;

- Produtos defeituosos: refere-se à produção ou mesmo a correção de produtos defeituosos, ou seja, re-trabalho descarte, substituições e inspeções, isto é, ações que demandam mais tempo que o necessário pode ser mais freqüentes em cartas de processos, problemas de qualidade do produto ou baixo desempenho durante a entrega.

Liker e Meier (2007) ainda acrescentam um oitavo tipo de desperdício que é a não utilização da criatividade de funcionários, não se consideram o envolvimento do funcionário quanto ao processo de melhoria, oportunidades, idéias e habilidades.

Entretanto, a identificação e a eliminação de tais desperdícios não é um processo fácil, requer disciplina, envolvimento de todos e escolhas de elementos e ferramentas adequadas à solução dos problemas.

A visão sistêmica da organização, aliada a métodos e técnicas adequadas, garante o sucesso da Toyota, estendida à facilitação do entendimento interno. É a partir do real entendimento e motivação de todos, mais a filosofia empresarial totalmente disseminada no ambiente empresarial, que se torna possível alcançarem o sucesso.

2.4 Princípios Da Produção Enxuta

Visando eliminar tais desperdícios, surgiu o pensamento enxuto com seus cinco princípios, definidos por Womack e Jones (1998) como:

2.4.1 Criação de valor sob a perspectiva do cliente, fornecendo com eficiência somente o que se deseja:

Com o valor definido em relação a todo o produto e não exclusivamente à eficiência operacional da empresa. Em outra publicação, Jones e Womack (2004) acrescentam que para encontrar novos clientes e obter vendas rápidas, é necessário que o produtor aceite o desafio da redefinição de valor, essencial ao sucesso do pensamento enxuto.

Tal decisão requer envolvimento de toda a equipe de produção do produto, sempre buscando a melhoria no desenvolvimento deste produto. Outro ponto é a determinação do custo-alvo baseado no volume de recursos e esforço diário na fabricação do produto, de forma a diminuir o desperdício e examina cada uma das etapas da cadeia de valor durante o desenvolvimento do produto.

Em uma nota publicada no site Lean Institute (2007), Womack destaca que para criar valor em um produto é necessário listar todas as ações envolvidas nesse processo e dividi-las em três categorias: trabalho que agrega valor, trabalho incidental e desperdício. Tais categorias serão descritas no próximo princípio.

2.4.2 Criar o fluxo de valor enxuto, de maneira contínua e estável, em atividades que criam valor a cada produto:

Este segundo princípio requer total entendimento e disciplina dos gestores em relação a três tipos de ações capazes de comprometer um sistema de gestão, que são: atividades que agregam

valor; atividades que não agregam valor e são necessárias ao desenvolvimento do produto; e, atividades que não agregam valor e tem de ser eliminadas.

A partir de uma visão sistêmica acerca do processo e a identificação destes três tipos de atividades, é possível eliminar desperdícios gerados ao longo da cadeia de valor, o que evita gargalos no fluxo do processo quando tratados corretamente no momento que foram detectados.

O ponto chave, para Womack e Jones (1998), é analisar as diversas ações específicas necessárias à produção do produto, a interação entre elas e, conseqüentemente, questionar tais ações, de forma isolada ou conjunta que não criam ou otimizam valor para a perspectiva do cliente.

Para diminuir as perdas, é importante trabalhar junto dos fornecedores, garantindo materiais de boa qualidade e perfeitas condições, evitando retrabalhos e material defeituoso. É preciso realizar entregas em dia, já que a falta de materiais gera ociosidade e desperdício de tempo.

Liker (2005) destaca dois erros frequentes na implementação do fluxo: estabelecer um falso fluxo e desistência perante ocorrência de problemas. Segundo o autor, um falso fluxo é estabelecido quando ocorre um rearranjo de equipamentos que se assemelha a uma célula, gerando lotes entre as etapas de processamento por não considerar o takt time do cliente. O segundo erro trata do retrocesso quando a empresa descobre os custos da criação do fluxo, em especial nas situações de parada dos equipamentos, troca dos mesmos e investir em um processo e incorporá-lo.

2.4.3 Fazer o processo fluir sem interrupções:

Este princípio, conforme Womack e Jones (1998), visa alinhar todas as etapas essenciais, necessárias à realização do trabalho, com a criação de um fluxo contínuo e estável, sem movimentações excessivas ou interrupções. Desta forma, excluem os lotes e filas, transformando a maneira de trabalhar, as ferramentas, organizações que facilitam o fluxo, profissionais envolvidos, dentre outros.

Para tanto, o conceito de fluxo é essencial na filosofia lean e sua implantação resulta na utilização de células que tendem a elevar a produtividade, especialmente devido ao uso de conceitos como o fluxo unitário de peças, multifuncionalidade de operadores, ritmo padronizado e controlado (ROTHER e HARRIS, 2002).

Liker (2005) afirma que o fluxo geralmente aumenta a qualidade com o aumento da velocidade de produção. Segundo o autor, unir as pessoas certas, realizar atividades que agregam valor, alinhar e deixar fluir o projeto entre as pessoas e sempre promover reuniões e integrações, favorece um aumento da velocidade, produtividade e qualidade do produto e do processo.

Vários autores (WOMACK e JONES, 1998; ROTHER e SHOOK, 1999; ROTHER e HARRIS, 2002; LIKER, 2005) tratam o fluxo de valor como elemento essencial para a implementação *lean*. Calado (2006) reforça a necessidade de realização de tarefas de modo progressivo, ao longo da cadeia de valor, de forma que um produto se estenda da concepção ao lançamento, do pedido à entrega, e da matéria-prima às mãos do cliente, sem haver interrupções, refugos ou contra fluxos.

A organização do trabalho que se desenvolve em fluxo, para Pantaleão e Antunes (2003), permite também o fluxo psicológico, onde os funcionários utilizam de suas habilidades para detectar erros e analisar o status do sistema como um todo, ou seja, existe uma tensão criativa permanente que requer concentração de todos.

Entretanto, somente o fluxo não é o suficiente uma vez que é necessário saber se o produto adequado é fornecido no momento exato de utilização. Assim, é preciso aprender a puxar a produção.

2.4.4 O cliente puxa o valor do produto:

Uma diferença entre fluxo e sistema puxado é descrito por Liker e Meier (2007, p.103) onde “o fluxo define estado do material à medida que ele passa de um processo a outro. O sistema puxado indica quando o material é movimentado e quem (o cliente) determina esse movimento”.

Womack e Jones (1998, p.65) descrevem que:

[...] A melhor forma de compreender a lógica e o desafio do pensamento de produção puxada é começar com um cliente real expressando a demanda de um produto real e caminhar no sentido inverso, percorrendo todas as etapas necessárias para levar o produto ao cliente.

Liker (2005) acrescenta que no início, a Toyota pensou em estoque puxado baseado na demanda imediata do cliente e, no seu modelo de produção, puxar gera o estado ideal de

fabricação just in time (JIT) durante o fluxo unitário de peças, o qual funciona totalmente de acordo com a demanda e zero de estoque. Diferentemente da produção empurrada onde a produção de bens inicia com a demanda do cliente, responde a uma programação antecipada e origina perdas.

Segundo Dolcemascolo (2008), observando os supermercados, Ohno analisou e concluiu que o estoque era necessário ao fluxo uniforme. E, desta forma, criou pequenos armazéns para dispor as peças entre as operações, no intuito de controlar o estoque, denominados de supermercados.

2.4.5 Buscar a perfeição:

Para Womack e Jones (1998), cada uma das etapas que compõem a cadeia de valor, podem ser melhoradas, isoladamente. Esta melhoria pode ser radical ou incremental. Entretanto, antes da melhoria e da busca pela perfeição, a empresa tem de aplicar os quatro princípios do pensamento enxuto anteriormente descritos e, analisar por onde terá início o processo de melhoria.

May (2007) acrescenta que “perfeição requer disciplina, baseada em incrementos e detalhes que envolvem enormes impactos. Mas é por isso que é tão difícil”. Portanto, não deve ser um objetivo ou meta central e, sim, buscar otimizar a qualidade, o custo e a velocidade, os quais são tangíveis ao valor da perspectiva do cliente para a produção de bens e serviços.

Qualquer tipo de qualidade decorre de exigências, requer ciclos de controle, lotes menores para a identificação de problemas e rápidas melhorias de forma a restabelecer o fluxo. A busca pela perfeição requer aprender a enxergar durante o processo todos os princípios e tornar visível e real o objetivo de melhoria a toda empresa.

Criar uma imagem de perfeição é fácil, difícil é chegar a ela. Womack e Jones (1998) definem com excelência:

[...] A perfeição é como o infinito. Tentar imaginá-lo (e chegar lá) na verdade é impossível, mas o esforço para fazê-lo oferece a inspiração e a direção essenciais para o progresso ao longo do caminho.

Calado (2006) define o quinto princípio como o ato de gerenciar em busca da perfeição, com total eliminação de atividades que consomem recursos e que não são capazes de criar condições a todas as atividades, ao longo do tempo de uma cadeia, para a criação de valor.

Para a produção enxuta sempre existe uma maneira melhor de realizar qualquer atividade, já que muda o mercado e, conseqüentemente, a empresa deve mudar e adequar-se às novas exigências desse novo mercado. A busca pela perfeição e melhoria contínua, tem que ser constante nas empresas, para que elas se mantenham competitivas no mercado que atuam, por um longo período de tempo.

Conhecedores e especialistas nesse modelo de produção como Liker (2005), em sua obra, descreve 14 princípios de gestão que caracterizam o modelo de gestão da Toyota, buscando aperfeiçoar o processo, em sua melhoria contínua, desta forma divide-os em:

- 1º Princípio: basear as decisões administrativas em uma filosofia de longo prazo, mesmo que em detrimento de metas financeiras de curto prazo;
- 2º Princípio: criar um fluxo de processo contínuo para trazer os problemas à tona;
- 3º Princípio: usar sistemas puxados para evitar a superprodução;
- 4º Princípio: nivelar a carga de trabalho (heijunka);
- 5º Princípio: construir uma cultura de parar e resolver problemas, para obter a qualidade desejada logo na primeira tentativa;
- 6º Princípio: tarefas padronizadas são a base da melhoria contínua e da capacitação dos funcionários;
- 7º Princípio: usar controle visual para que nenhum problema fique oculto;
- 8º Princípio: usar somente tecnologia confiável e plenamente testada que atenda aos funcionários e processos;
- 9º Princípio: desenvolver líderes que compreendam completamente o trabalho, vivam a filosofia e a ensinem aos outros;
- 10º Princípio: desenvolver pessoas e equipes excepcionais que sigam a filosofia da empresa;
- 11º Princípio: respeitar sua rede de parceiros e de fornecedores, desafiando-os e ajudando-os a melhorar;
- 12º Princípio: ver por si mesmo para compreender completamente a situação (genchi genbutsu);
- 13º Princípio: tomar decisões lentamente por consenso, considerando completamente todas as opções, implementá-las com rapidez;

14º Princípio: tornar-se uma organização de aprendizagem pela reflexão incansável (hansei) e pela melhoria contínua (kaizen);

Estes 14 princípios descritos por Liker (2005) são divididos pelo próprio autor em seções: filosofia de longo prazo (1º princípio), processo certo produzirá os resultados certos (do 2º ao 8º princípio), valorização da organização por meio do desenvolvimento de seus funcionários e parceiros (do 9º ao 11º princípio), e a solução contínua da raiz dos problemas conduz à aprendizagem organizacional (do 12º ao 14º princípio).

Portanto, tudo tem início com a filosofia, segue com os processos, chega aos funcionários e termina na busca de melhorias, sempre envolvendo e desenvolvendo a todos, em prol do sucesso organizacional e da capacitação individual.

Comparando todos os autores e seus respectivos princípios, entende-se que os de Womack e Jones (1998) podem ser interpretados como incompletos ou estritamente voltados a uma linha de produção e, os de Liker (2005) são mais abrangentes e, possivelmente, geram menores equívocos.

Entretanto, os princípios de Womack e Jones (1998) são apoiados e sustentados pelas quatro regras, que uma vez seguidas, garantem o sucesso do SPE na organização.

Desta forma, princípios e regras encontram-se entrelaçados e dependem dos elementos e ferramentas adequadas a cada tipo de processo.

Independentemente dos princípios considerados, todos partem da premissa de identificar e eliminar desperdícios, gerando menores custos e também promover o desenvolvimento de trabalhadores e fornecedores.

O Sistema Toyota de Produção cria desafios e busca incentivar seus trabalhadores à resolução dos problemas formulados, sempre seguindo e respeitando a aplicação das Quatro Regras do STP, descritas por Spear e Bowen (1999) e abaixo conceituadas:

1ª regra: Como as pessoas trabalham?

Todo trabalho deve ser altamente especificado em relação ao conteúdo, sequência, tempo e resultado desejado – corre a pré-definição dos procedimentos em nível de conteúdo, seqüência, tempo e resultado esperado, com capacitação do operador para executar e diagnosticar o trabalho de acordo com os procedimentos estabelecidos.

Desta forma, exatidão não somente é aplicada aos movimentos repetitivos de produção dos trabalhadores, mas às atividades de todas as pessoas em suas especialidades funcionais ou regra hierárquica. Assim, a primeira regra é especificação de todas as atividades.

Para tanto, Cartaxo (2000) acrescenta que o trabalho sempre é submetido a testes após a conclusão e cabe ao operador solicitar ajuda para a resolução de problemas. O ideal é que o processo e o operador sejam capazes de responder as seguintes questões:

- 1) Como você faz esta atividade?
- 2) Como você sabe se está fazendo corretamente?
- 3) Como você sabe se o resultado não tem defeito?
- 4) O que você faz quando encontra um problema?

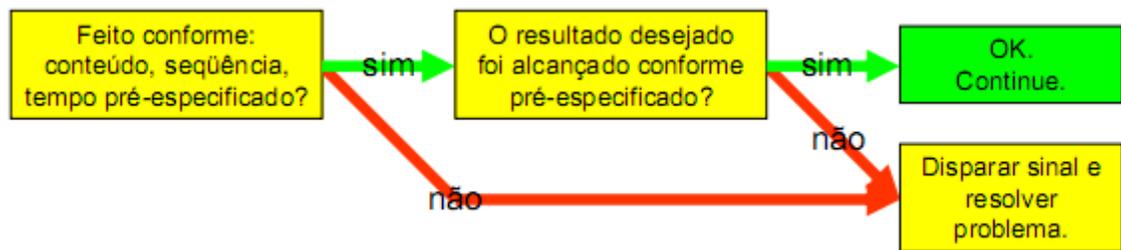


Figura 1: Situação ideal conforme a 1ª regra do TPS.

Fonte: Cartaxo (2000).

De um modo geral, a primeira regra define como os trabalhadores aprendem com o processo, considerando a capacitação interna, descoberta de novos talentos, dentre outras formas de aprendizado. Para um sucesso maior, todos envolvidos no fluxo de processo possuem a mesma linguagem e responsabilidades da identificação e resolução de problemas.

2ª Regra: Como as pessoas se conectam?

Toda relação cliente-fornecedor deve ser direta, inequívoca no envio de solicitações e recebimento de respostas (tipo sim/não) – há a solicitação por parte do cliente e este se encontra diretamente conectado ao fornecedor de maneira padronizada e clara definição dos envolvidos.

Para Cartaxo (2000), uma vez realizada a conexão, as quantidades requeridas e o tempo para resposta são definidos, e os problemas detectados geram, imediatamente, “sinais” de pedido

de ajuda. Os seguintes questionamentos devem ser feitos: Quem provê? O que provê? Em que quantidade? Para quem? Como? Quando? Onde?

		Fornecedor	
		Fez	Não Fez
Cliente pede	Faça	OK	Atrasado
	Não Faça	Adiantado	OK

Figura 2: Situação ideal conforme a 2ª regra do TPS.

Fonte: Cartaxo (2000)

A figura acima demonstra a conexão existente entre os operadores, especificação de tempo e aferição dos processos, o que complementa a primeira regra do STP. Tais especificações podem ser feitas de diversas formas, sendo a mais comum, o uso de kanban, quer seja de movimentação ou de produção.

3ª Regra: Como a linha de produção é construída?

O caminho percorrido por cada produto ou serviço deve ser simples e direto – o fluxo é pré-estabelecido (para materiais, processo e informação), e é único. O fluxo do processo não contém *loops*, nem desmembrado em ramificações, e todos os elementos do fluxo (ações) são absolutamente necessários e agregam valor ao produto.

Nesta regra, os trabalhadores devem estabelecer um sistema de comunicação, quer seja por meio de supermercados, *kanban*, quer seja produção puxada, o que permite um fluxo de material e informação, sem haver desperdícios. Todas as linhas de produção são estabelecidas para permitir o fluxo de produtos e serviços em uma simples trajetória especificada, pessoa ou máquina.

A indisponibilidade do processo seguinte é considerada um problema e a linha tem de ser replanejada. Essa regra também é aplicada a produtos, serviços e solicitações de ajuda, entre os operadores e os gerentes de fábrica.

4ª Regra: Como melhorar?

Ensinar como identificar problemas e melhorar, sem necessariamente esperar pelo aprendizado ou experiência pessoal, é o objetivo do STP e, segundo Spear e Bowen (1999, p.102), Especialmente, a regra 4 estipula que qualquer melhoria para a atividade de produção, para conexão entre operadores e máquinas, ou para trajetos seria feito de acordo com o método científico, sob orientação de um professor, e para o mais baixo nível organizacional possível.

Cartaxo (2000) afirma que qualquer melhoria deve ser realizada pelos envolvidos à atividade que está sendo melhorada, de acordo com uma metodologia “científica” e com orientação de um especialista em metodologia – as melhorias são guiadas em relação ao estado ideal: na demanda, imediato, 1 a 1 (lotes de 1 peça por vez), sem defeito, sem desperdício (materiais, trabalho, energia e demais recursos) e, seguro (físico, emocional e profissional).

Os operadores utilizam metodologia padrão e estruturada para resolução de problemas, tem o suporte de *experts*, as contramedidas são implementadas pelos envolvidos à atividade a ser melhorada, somente após o teste das hipóteses, a efetividade da melhoria é testada. A pergunta básica a ser respondida é: a contramedida proposta irá melhorar a situação atual, tornando-a mais próxima ao estado ideal?



Figura 3: Situação ideal conforme a 4ª regra do SPE.

Fonte: Cartaxo (2000).

Esta quarta regra elucidada que: todo o trabalho deve ser cientificamente medido para então executar corretamente suas etapas de processamento, objetivando uma situação ideal e seus processos de melhoria.

Portanto, todas as quatro regras servem de suporte aos cinco princípios norteadores do SPE, e deve ser rigorosamente, respeitadas e seguidas, o que garante o sucesso da Produção Enxuta.

A implementação da produção enxuta inicia na própria organização, expande em todo processo da cadeia de valor. O primeiro esforço, dentro da empresa, é feito no próprio processo produtivo, uma vez que essa etapa é responsável em produzir o “valor” perante a perspectiva dos clientes. A autora ainda complementa que desenvolver a Produção Enxuta requer três grandes fases: mudança estratégica com a introdução dos princípios da produção enxuta, transformando a maneira de pensar e enxergar dentro da empresa, preparando-a para mudanças físicas com o uso da ferramenta do Mapeamento do Fluxo de Valor. A segunda fase é a mudança física que transforma o modo de agir da empresa, põem em prática as melhorias propostas no Mapa do Estado Futuro, cria o fluxo contínuo e puxado no processo produtivo, de modo suave e melhor coordenado. A terceira e última fase consiste pela busca de melhoria contínua.

Uma vez identificados os tipos de desperdícios, definidos os cinco princípios e as regras, o próximo passo é para os gestores do processo, aos quais competem a responsabilidade de prover melhorias, manter e elevar os resultados.

Para tanto, lições são aprendidas pelos gestores quanto à necessidade de conexão entre os processos e segundo Lima (2007) cabe a eles: envolver e contemplar o valor na perspectiva dos clientes; eliminar estoques por representarem desperdícios; operacionalizar o sistema puxado e com fluxo contínuo; e, o gerenciamento visual. Todas essas atribuições facilitam o total entendimento dos objetivos organizacionais, ou seja, o total controle da linha de produção.

Condições de trabalho em um fluxo enxuto auxiliam os gestores em detectar e resolver quaisquer tipos de problemas existentes entre os processos, assim como o total conhecimento das técnicas e das ferramentas adequadas na solução de problemas.

Com base nestas características, foram desenvolvidos elementos e ferramentas que quando utilizados corretamente e adequados a cada realidade, garantem o sucesso do SPE. A seguir, são descritos os elementos e as ferramentas do SPE, conforme Womack e Jones (1998).

2.5 Elementos Da Produção Enxuta

Desta forma, a produção enxuta possui vários elementos capazes de torná-la eficazes e eficientes, destacando-se o JIT, *kanban* e controle visual, observa-se na Figura 4 desenvolvida por Pyzdek, 2000 (apud LIMA, 2007).

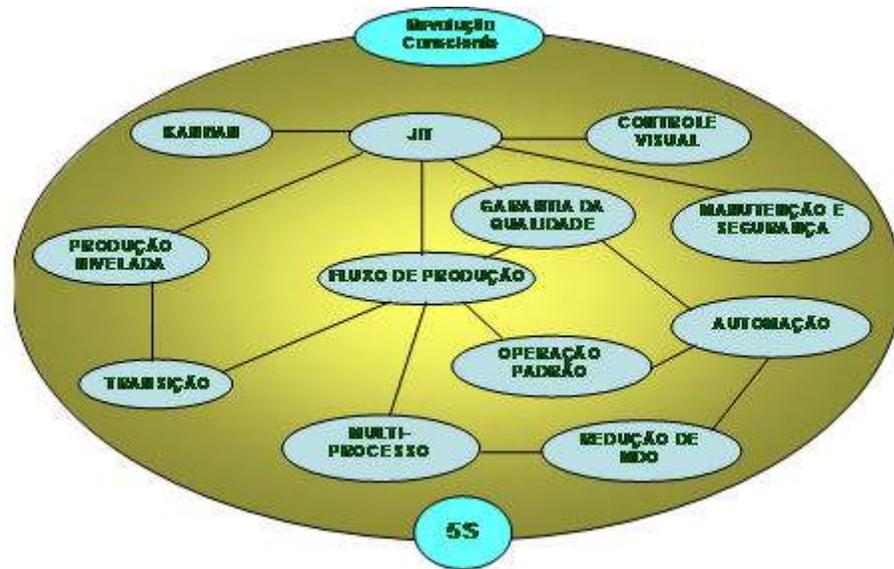


Figura 4: Elementos do Sistema de Produção Enxuta.

Fonte: Lima (2007).

A produção caracteriza-se pelo caráter criativo da combinação de elementos, ao desenvolvimento de produtos e na cadeia de suprimentos (FUJIMOTO e TAKEISHI, 2001). Assim, são descritos alguns elementos essenciais para a implementação do STP.

2.5.1 Just in time (JIT)

Originou-se no Japão em meados da década de 70 e, de acordo com Corrêa e Gianesi (1996), o JIT foi o centro da criação e de desenvolvimento da Toyota Corporation. Leite (2006) firma ainda que a Toyota buscava um novo sistema para administrar sua produção, capaz de coordenar a produção com base na demanda de diferentes características e sem haver atraso.

A essência do JIT, para Rodrigues (2006), enfoca que cada processo tem de ser suprido com os itens corretos, quantidades exatas e tempo certo, eliminando superprodução, ou seja, produção maior que a necessária ou antes de ser requisitado. Assim, este elemento lean atua no sistema de produção puxada e com o sistema *kanban* de produção, sendo um dos três principais sistemas para administrar a produção. Para Corrêa e Gianesi (1996) não é uma técnica ou conjunto delas e sim uma filosofia de trabalho completa que envolve gestão da qualidade e de pessoas, materiais, arranjo físico, projeto de produto e organização do trabalho.

Leite (2006) afirma que o objetivo principal do JIT é promover melhoria contínua de processos produtivos e serviços, reduzir estoques e eliminar problemas de qualidade de máquina e de preparação das mesmas. Este sistema produtivo trabalha melhor, alcança melhor índice de qualidade, confiabilidade e flexibilidade, reduz *setup* e produz em menores lotes, além da redução de custos e aumento dos lucros.

Pereira e Pires (2001) apresentam o JIT como uma proposta que determina o exato momento de fabricação e entrega de produtos, submontagem, montagem ou aquisição de materiais. Isto é, torna todos os materiais ativos, integra-os em processamento e não os deixa ociosos. Portanto, o ideal é alcançar elevada flexibilidade, de forma a atender qualquer demanda, a qualquer momento e em pequenos lotes.

Em síntese, o JIT é um elemento que trabalha na produção puxada em toda a cadeia produtiva, visando combater desperdícios, reduzir estoques, envolver pessoas e promover o aprimoramento contínuo. Possui como meta: zero defeito; tempo zero de preparação (*setup*); estoque zero; movimentação zero; quebra zero; *lead time* zero; lote unitário de fabricação (uma peça).

2.5.2 Controle Visual

O controle visual permite fácil ilustração dos locais onde existem problemas na produção, no inventário e no gerenciamento do material, além de manter organizado o local de trabalho.

2.5.3 Produção Nivelada

É um sistema enxuto não compatível com as flutuações diárias do processamento. As variações de demanda em curto prazo são retiradas para fora do período de tempo de modo que a taxa da produção possa permanecer constante.

2.5.4 Trabalho Padronizado

O trabalho padronizado está centrado no movimento e no trabalho do operador, geralmente, aplicado em processos repetitivos e na eliminação de desperdícios. Estabelece procedimentos

únicos e precisos para a realização do trabalho de cada operador, em um processo de produção, focado em três elementos: *takt time*, sequência de trabalho e estoque padrão de produção (KISHIDA et al, 2007).

Além da utilização destes elementos, para a maior eficácia da aplicação da filosofia Lean, e conforme a situação onde será aplicado, recorre-se ainda a ferramentas e técnicas que possam auxiliar na implementação de melhorias.

2.6 Ferramentas E Técnicas Da Produção Enxuta

A produção puxada utiliza ferramentas e técnicas que auxiliam o processo decisório e a visualização do processo como um todo, destacando-se: Mapeamento do Fluxo de Valor; *Layout* Celular; Mapeamento das atividades de processo e Matriz de Resposta da Cadeia de Suprimentos; Técnicas de formação de células; Sistema *Kanban* de controle da produção; e, Fluxo Contínuo.

2.6.1 Mapeamento do Fluxo de Valor (Value Stream Mapping - VSM)

O VSM é considerado uma das “portas de entrada” para a Produção Enxuta por possibilitar uma visão sistêmica de todo o processo produtivo, do fluxo de valor, identificação dos reais problemas, dos desperdícios e da busca por melhorias (PASQUALINI, 2005).

Esta é uma ferramenta simples, desenvolvida e difundida no mundo por Rother e Shook (1999), que abrange o mapeamento do fluxo de material e do fluxo de informação. Para tanto, utiliza-se apenas lápis e papel para enxergar e entender todo o fluxo de material e informação, à medida que o produto segue na cadeia de valor, conforme Figura 5.



Figura 5: Mapeamento do Fluxo de Valor (JONES e WOMACK, 2004).

O fluxo de valor refere-se a qualquer ação necessária que traz um produto por todos os fluxos necessários ao desenvolvimento do mesmo, ou seja, fluxo de produção da matéria-prima ao consumidor e fluxo de produto da concepção ao lançamento (JONES e WOMACK, 2004). Já o fluxo de informação responde pela transmissão entre os processos do que fabricar ou fazer (MAIA e BARBOSA, 2006).

Existe ainda a figura do gerente do fluxo de valor, o qual detém o total entendimento do fluxo de valor de certa família de produto, tem autoridade e autonomia na linha de produção, faz as mudanças acontecerem, enxerga além do fluxo e possui liderança.



Figura 6: Papel do gerente do fluxo de valor. (JONES e WOMACK, 2004).

Segundo Womack et al. (apud MELO e RODRIGUES, 2003), o mapeamento do fluxo de valor é capaz de analisar etapas que criam valor ao produto, as que são necessárias e não agregam valor e as que não agregam valor e tem de ser eliminadas.

Para quem deseja implementar o STP em sua cadeia produtiva, esta ferramenta é essencial, exatamente por:

- enxergar o fluxo além de apenas visualizar os processos individuais;
- identificar os locais onde há desperdícios, bem como onde são gerados;
- gerar uma linguagem única aos processos de manufatura;
- tomar decisões visíveis sobre o fluxo, estimulando discussão entre os agentes;
- unir conceitos e técnicas enxutas, que evitam implementar técnicas isoladamente;
- criar uma base na implementação de um plano de ação;
- desenhar a operacionalização do fluxo total de porta-a-porta;
- traçar uma relação eficaz entre o fluxo de informação e fluxo de material;

Após analisar as vantagens e realizar todas as etapas acima descritas, é possível visualizar todas as etapas do processo com o desenho do VSM. Entretanto, neste VSM existem algumas peculiaridades como as informações contidas, representadas por símbolos.

O VSM utiliza simbologias próprias que explicitam locais de estoques, tempos de processamento, lead time, produção empurrada ou puxada, entregas, etc. Abaixo, algumas dessas simbologias elucidadas por Womack e Jones (1998).

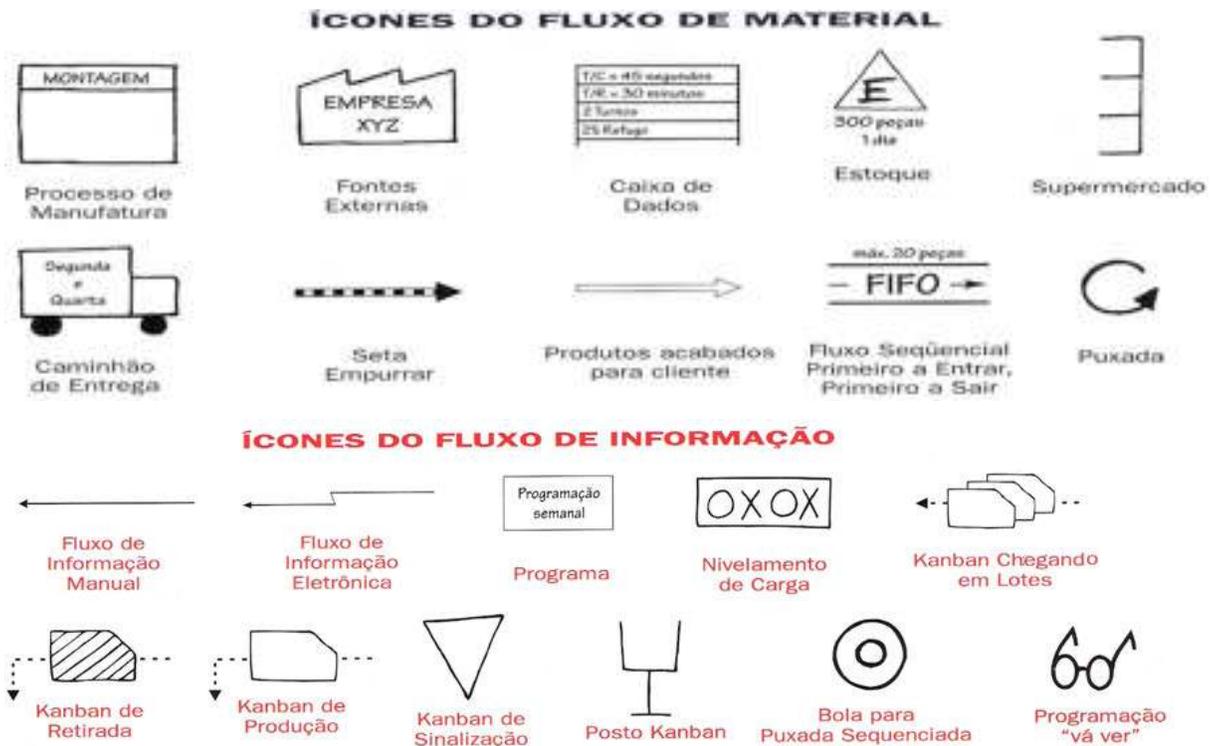




Figura 7: Símbolos utilizados no Mapeamento do Fluxo de Valor (WOMACK e JONES, 1998).

Além das simbologias próprias, o VSM também possui suas métricas denominadas de tempo de ciclo (T/C), tempo de agregação de valor (V/A) e lead time (L/T), ilustradas na Figura 8. Tais informações são devidamente medidas e registradas nas caixas de dados existentes no VSM, acerca de cada uma das atividades que compõem o fluxo de valor. Geralmente, a relação entre as métricas é: $V/A < T/C < L/T$.

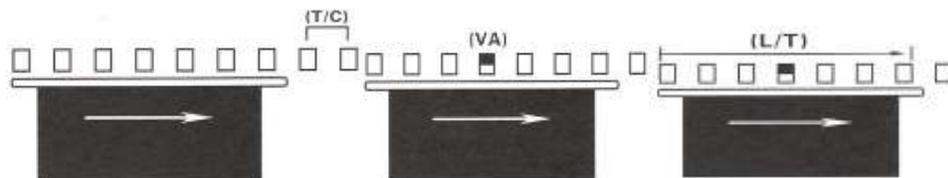


Figura 8: Métricas utilizadas no VSM (WOMACK e JONES, 1998).

Basicamente, o VSM consiste em quatro etapas: seleção da família de produtos, mapa do estado atual, análise do mapa do estado atual e mapa do estado futuro.

Para tanto, autores como Womack e Jones (1998) descrevem algumas etapas a serem desenvolvidas na prática, para o desenho do VSM sendo, basicamente, as seguintes:

- selecionar uma família de produtos, ou seja, um grupo com etapas semelhantes de processamento e que utilizam equipamentos similares em seus processos;
- identificar o fluxo de material, os lugares de acúmulo de estoque, desenhando-os no mapa da situação atual, já que indicam a parada do fluxo;
- elaborar o mapa do estado futuro de como o seu valor deveria fluir, segundo fluxos futuros melhorados tanto de material quanto de informação;
- desenvolver um plano de implementação, descrevendo o planejamento para se chegar ao estado futuro e aplicá-lo o quanto antes e um novo mapa é desenhado visando melhoria contínua

do fluxo de valor. Assim sendo, sempre haverá um mapa do estado futuro a ser implementado, que elimine fontes de desperdício e realmente agregue valor ao cliente.

De forma resumida, tem-se o esquema ilustrado por Rother e Shook (1999):

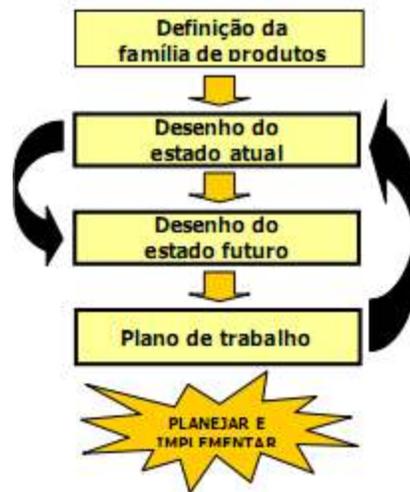


Figura 9: Ilustração das etapas que compõem o mapeamento do fluxo de valor (Rother e Shook 1999).

Convém lembrar que as idéias para o estado futuro virão à tona enquanto se mapeia o estado atual, bem como desenhar o estado futuro mostrará importantes informações sobre o estado atual e que passaram despercebidas anteriormente.

Para Queiroz et al (2004), no mapa do estado futuro, o fluxo de valor da produção enxuta busca ligar os processos, do cliente à matéria-prima, em um fluxo contínuo completo, com menor lead time, alta qualidade e custo mais baixo, de acordo com os princípios enxutos descritos anteriormente, definindo também:

- a produção de acordo com o *takt time* (divisão entre o tempo disponível de trabalho e o volume da demanda do cliente): é uma referência que determina o ritmo em que cada processo deve produzir para atender a demanda do cliente, sem gerar excesso de produção;
- o fluxo contínuo onde possível, produzindo uma peça de cada vez, e cada item é passado imediatamente para o processo seguinte, sem paradas e desperdícios;
- o sistema puxado com base em supermercados: o processo cliente retira somente o que precisa e quando precisa, ou seja, o processo fornecedor produz apenas para o

reabastecimento e, na prática, a sinalização desta retirada pode ser feita através do movimento do *kanban*;

- o nivelamento do mix de produção: distribuir a produção de diferentes produtos uniformemente durante um período de tempo. O nivelamento do processo puxador é proporcional à resposta das diversas solicitações dos clientes, além do lead time curto e pequeno estoque de produtos acabados.

Diante dos mapas do estado atual e futuro, Maia e Barbosa (2006) listam as principais vantagens do uso desta ferramenta:

- simplicidade, provisão de mudanças e elaboração de melhorias do processo;
- é um mecanismo de monitoração;
- eliminação de desperdício e otimização do fluxo do processo de manufatura e de equipamentos;
- facilita para a alta administração, o real conhecimento e controle do processo produtivo;
- real capacidade produtiva da fábrica e do lead time;
- viabilização de recursos (matéria-prima e mão-de-obra);

Quanto às possíveis dificuldades no desenvolvimento do VSM, segundo Xavier e Sarmiento (2006), destacam-se as seguintes:

- mapeamento desordenado de todos os fluxos de valor ao invés dos que acarretarão benefícios à organização;
- delegar o mapeamento a terceiros. A tarefa é de responsabilidade do gerente de produção;
- confundir o VSM com os tradicionais mapas de processo (MP), os quais focam os processos individuais, a visão do estado futuro é definida com base em perspectivas óbvias de melhorias, sem considerar os princípios da filosofia lean;
- níveis e locais de estoque observados em seus fluxos de valor, o que facilita a mensuração do lead time;
- não atribuição de valores não significativos aos mapas como informações desnecessárias, ou seja, o VSM tem que ser claro;
- atitude: olhar de longe não enxerga precisamente o estado atual e do estado futuro. Já de muito perto, permite apenas visualizar melhorias pontuais e não sistêmicas;

- elaboração de planos de ação, não de estudo. A prioridade é implantar o estado futuro desenhado, estipular prazos de implementação e destinar recursos.

2.6.2 *Layout* da Manufatura Enxuta

O *layout* da produção é o grande responsável pelos desperdícios identificados pela filosofia da produção enxuta, devido à disposição dos meios de produção como o transporte, a movimentação nas operações e estoques.

Slack (1999) descreve quatro tipos de *layout*: *layout* posicional, *layout* por processo, *layout* por produto e *layout* celular, sendo este último a forma mais comumente utilizada para redução de desperdícios visando à filosofia da produção enxuta.

- *layout* posicional: geralmente utilizado devido ao tamanho dos materiais transformados ou sua fragilidade;
- *layout* por processo: junção de todos os recursos similares de operação, normalmente utilizado quando há variedade de produtos, sendo também conhecido como *layout* funcional.
- *layout* celular: agrupamento de recursos necessários a certa classe de produtos, ou seja, o arranjo físico das máquinas é dedicado a um grupo exclusivo de peças;
- *layout* por produto: os recursos de transformação são configurados na sequência específica de melhor conveniência do produto ou do tipo de produto, também conhecido como *layout* em linha.

Contudo, teoricamente, a solução ótima é a obtenção de células de manufatura totalmente independentes, ou seja, nenhuma peça é processada em mais de uma célula de manufatura. Para organizar a produção são utilizados dois tipos de sistemas: o sistema de produção por produto e o sistema de produção por processo.

O primeiro sistema caracteriza-se por máquinas dispostas que produzem produtos específicos, de baixo custo na movimentação de materiais, baixo nível de estoque de produtos em processo e elevado grau de controle das atividades de produção. Também apresenta elevada taxa de produção, pouca flexibilidade e não permite obter vantagens na economia de variedade. Já o sistema de produção por processo, as máquinas de mesma funcionalidade estão agrupadas em departamentos para facilitar o deslocamento de peças com processamentos em diferentes

máquinas. É mais flexível, favorece elevada taxa de utilização dos recursos, induz os elevados níveis de estoque em processo e de movimentação de materiais, dificultando as tarefas dos gerentes responsáveis pelo controle da produção (XAMBRE e VILARINHO, 2003).

2.6.3 Técnicas de Formação de células

A formação de células é uma importante etapa no desenvolvimento do projeto de manufatura celular, envolve o agrupamento de peças em famílias e o agrupamento de máquinas em células de manufatura.

Para obtenção de um *layout* celular é necessário que os componentes dos produtos sejam agrupados em famílias de peças. O objetivo é fazer com que cada família seja processada em um grupo de máquinas com a mínima interação com os outros grupos. O caminho que os produtos percorrem pelas máquinas pode ser obtido dos cartões de rotina (fluxo e processo).

2.6.4 Sistema *Kanban* de Controle da Produção

Kanban significa cartão, foi criado pela Toyota Corporation e atua no Sistema de Produção Enxuta na forma de um sistema denominado de Sistema *Kanban*, onde um cartão percorre todo o fluxo de valor avisando a necessidade de entregar certa quantidade de peças e a necessidade de produzi-las (MAIA e BARBOSA, 2006).

Ohno utilizou sinais simples como cartazes, latas vazias, carrinhos vazios, etc. denominados de *Kanban*. Quando um *kanban* chegava vazio, era sinal de que certa peça deveria ser fabricada e juntamente ao *kanban* era enviada uma ficha contendo informações da quantidade, tipo, cor, etc. (LIKER, 2005).

O *kanban* é simples, móvel dentro da linha de produção, notável, eficaz e visual. Convém lembrar que o *kanban* é utilizado como elemento do SPE quando apenas apresenta características de produção de um dado produto. Com estas mesmas características, quando introduzido em uma linha de produção fluindo entre os processos, o *kanban* passa a ser uma ferramenta do SPE, conhecido como sistema *kanban* de produção

Porém, nem tudo tem de ser repostado conforme um sistema puxado e o simples uso do *kanban*. A Toyota estuda o ponto ideal de reposição JIT, monitora e coordena a reposição com o uso do *kanban*, cria regras para dar início à produção, de modo a controlar os supermercados.

O sistema puxado agrega vários elementos, sustenta o processo de puxar e utiliza o *kanban* como uma ferramenta de comunicação e controle visual. Entretanto, o *kanban* é um sistema organizado de estoques, e toda forma de estoque é sinônimo de perdas, portanto, tem de ser eliminado, embora seja de fácil uso e força o aperfeiçoamento do sistema de produção (LIKER, 2005).

SLACK (1999) define três tipos de *kanban*:

- *Kanban* de transporte: avisa ao estágio anterior a disponibilidade de retirada do material do estoque e sua transferência a um destino específico. Pode conter informações acerca do número e descrição do componente, lugar de origem e destino, entre outras;
- *Kanban* de produção: é o sinal de que o processo produtivo pode começar a produzir certo item, e colocá-lo em estoque. Contém informações do número e descrição do componente, descrição do processo, materiais necessários à produção dos componentes, etc;
- *Kanban* de sinalização: avisa ao fornecedor a necessidade do envio de materiais e/ou componentes a um estágio da produção, geralmente utilizado com fornecedores externos.



Figura 10: Tipos de Kanban (JONES e WOMACK, 2004).

Existem basicamente dois tipos de sistemas de *kanban*: de um cartão e de dois cartões. O *kanban* de um cartão é utilizado em postos de trabalho próximos, utilizando um mesmo quadro *kanban* entre os dois centros produtivos. Já o sistema de dois cartões é utilizado quando existe

uma distância física expressiva entre os centros de trabalho, com o uso dos kanban de transporte e o de produção.

No Sistema de Produção Enxuta, nem sempre irão existir os três tipos de Kanban, sendo estes adequados a cada linha de produção. O kanban chegando em lotes, indica que diferentes produtos chegam ou saem da cadeia de valor, e devem ser respeitados em sua ordem.

Quanto às informações contidas, diversificam conforme o produto a ser produzido como o tipo de produto, cor, textura, tamanho, etc. O kanban de sinalização também pode ser de diferentes cores, geralmente utilizada a cor verde para indicar o estoque necessário e a cor vermelha para sinalizar a necessidade de reposição de matéria-prima.

O sistema kanban de produção é uma ferramenta que auxilia na produção enxuta e para Silva (2006), engloba dois tipos de atividades:

- Controla o fluxo de material no chão de fábrica, do almoxarifado ao armazém de produtos acabados;
- Melhoramento contínuo da produtividade, para identificar áreas com problemas e avaliar os resultados das mudanças.

O sistema kanban é utilizado quando há diferentes tamanhos de lotes entre as etapas do processo, em processos não balanceados ou quando a distância requer tempos retardatários ou variabilidade. Elaborar este tipo de sistema pode ser formal com a elaboração de análises e simulações.

Segundo o sítio Strategos (2007), devem ser seguidos os seguintes passos: analisar o produto – volume acima dos centros de trabalho; analisar outros modelos abaixo; identificar kanban de produto; identificar tamanhos apropriados de lotes; identificar receptáculos; identificar mecanismos de sinalização; especificar locais de estoques; especificar quantidades iniciais de kanban.

Com o embasamento conceitual e fácil aplicação desta ferramenta, a implantação do sistema kanban requer outros tipos de conhecimento tais como o do fluxo de produção, layout da fábrica, produção puxada e empurrada, dimensionamento dos cartões kanban, e afins, são descritos a seguir:

- Fluxo de produção: permite visualização e união de processos produtivos semelhantes em famílias de produtos, através do Value Stream Mapping (VSM) ou Mapa do Fluxo de Valor.

- Layout: utilizado na diminuição de desperdícios quanto à redução de movimentação, transporte e estoque em processo. O layout enxuto viabiliza o fluxo de pequenos lotes e determina o uso do sistema de um ou dois cartões kanban.
- Produção puxada e empurrada: em sistemas do tipo “empurrar” a produção tem início com o planejamento de previsões para demandas futuras, ou seja, a produção é iniciada antes da demanda, de forma que as entregas ocorram no prazo. Portanto, os lead times de produção devem ser conhecidos ou aproximados. No sistema “puxar”, a produção começa quando há demanda, disparada através de um sistema de controle descentralizado, onde peças ou produtos acabados são estocados em buffers ou pulmões, para evitar longos tempos de espera, isto é, possuem nível mínimo de inventário (GSTETTNER e KUHN, 1996 e SPEARMAN et al., 1990).
- Dimensionamento dos cartões kanban: define-se a quantidade de estoque necessária entre os processos, respeitando o mínimo de estoque do sistema kanban. Sugimori et al. (2008) ilustram duas fórmulas simples para calcular o número de cartões e dimensionar a quantidade de cada kanban:

Cálculo da quantidade por cartão (tamanho do kanban):



Cálculo do número de cartões:

$$\frac{\textit{Quantidade de kanbans}}{\textit{tamanho do lote}}$$

A influência de muitas variáveis faz com que esta fórmula sirva como ponto de partida no dimensionamento do kanban e a análise não deve limitar-se ao resultado obtido nestas equações. O dimensionamento dos cartões considera a experiência dos funcionários, o tempo de set-up e o ritmo de produção estimado.

A quinta ferramenta essencial para o desenvolvimento do Sistema de Produção Enxuta refere-se ao fluxo contínuo, que será mais bem detalhado no item seguinte.

2.6.5 Fluxo Contínuo

Verifica-se então, a partir das ferramentas descritas no capítulo anterior, que o uso da ferramenta do Mapeamento do Fluxo de Valor e o plano de implementação para o processo produtivo das famílias de produtos, é possível gerar benefícios ao cliente, especialmente quando se deseja criar um fluxo contínuo baseado no processo puxador, desde que haja colaboração de todos.

De acordo com os princípios descritos, a produção enxuta objetiva o fluxo de valor enxuto da matéria-prima ao produto acabado, considerando o todo e não somente os processos individuais, sempre buscando melhorá-lo em termos de fluxo de material e informação.

Um dos princípios apresentados por Womack e Jones (1998) refere-se à implementação da produção puxada nos processos. Este princípio segundo Rother e Shook (1999), é caracterizado pela produção de uma peça por vez, onde os itens passam entre os processos sem haver interrupções.

O conceito de fluxo contínuo, segundo Tapping e Shuker (2003), é a capacidade de produzir somente o que é necessário para o momento, nem mais e nem menos. O importante desta abordagem de produção é que se eliminam os desperdícios de todas as formas.

No entanto, a diferença entre o princípio produção puxada e a ferramenta fluxo contínuo reside no fato deste último requerer um sistema de produção puxada, isto é, a produção puxada pode não necessitar do fluxo contínuo.

Fluxo contínuo é um dos principais objetivos da produção enxuta, amplamente difundido e com poucas tentativas bem sucedidas, segundo Rother e Harris (2002), especialmente devido à concentração maior no desenvolvimento de layouts ao invés da real criação e manutenção de um fluxo contínuo eficiente. Para tal êxito, em boa parte dos casos, é necessária a formação de células de produção que trabalhem em um fluxo contínuo.

No entanto, ainda há o predomínio de produção em ilhas isoladas, onde é possível observar vários desperdícios, especialmente quanto aos estoques entre os processos de produção, de acordo com a Figura 11. Neste contexto, em parte dos casos se modifica o layout visando melhorias no processo produtivo. Conforme descrito no capítulo anterior, a cada realidade tem-se uma solução considerada ótima, cabem adequações desde que haja habilidade na identificação, conhecimento acerca da ferramenta e atitude para prover mudanças.

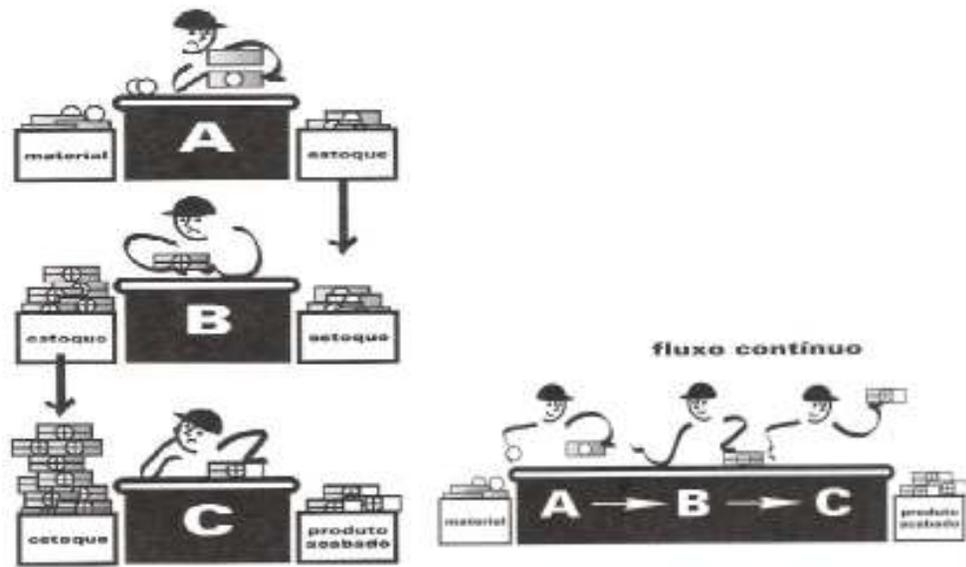


Figura 11: Situação ideal do modelo de produção considerando o fluxo contínuo
(Rother e Harris 2002)

Assim, a criação do fluxo contínuo não se limita ao processo puxador, estende-se a qualquer tipo de processo produtivo, de forma que o produto possa fluir ao longo da cadeia do fluxo de valor. Para Rother e Shook (1999), criar o fluxo de valor enxuto requer uma técnica mais apropriada e extremamente importante, conhecida como mapeamento do fluxo de valor, descrita no capítulo anterior.

Rother e Shook (1999) e Rother e Harris (2002) propuseram o modelo de implementação de fluxo contínuo, dividido em etapas:

- 1ª etapa: mapeamento do fluxo de valor (VSM) de todo o atual processo de produção e uma proposta de mudança do mesmo, incluindo as melhorias necessárias à redução de perdas, especialmente das atividades que não agregam valor;
- 2ª etapa: implementar o fluxo contínuo, com o balanceamento das operações, das células de trabalho e, também introduzir um sistema de controle de produção puxado;
- 3ª etapa: utilizar o trabalho padronizado, definir ritmos e sequência da produção de forma a estabilizar os processos;
- 4ª etapa: melhoria contínua do trabalho padronizado através de sucessivos kaizens.

Assim sendo, a aplicação dos conceitos de fluxo contínuo em um processo puxador apresenta inúmeras vantagens para linha de produção. Algumas delas são mostradas a seguir:

- Redução do lead time;
- Redução do WIP (work-in-process);
- Redução do tempo de movimentação;
- Habilidade para identificar problemas e tratá-los mais cedo;
- Redução de área na unidade de trabalho;
- Flexibilidade nas trocas de demanda do consumidor;
- Redução de ordens de serviços e movimentação de pessoas;
- Facilidade na detecção e solução de problemas;
- Menos frustração dos trabalhadores.

Algumas ferramentas conduzem ao sucesso da aplicação do fluxo contínuo, dentre elas pode-se listar:

- Sistema Puxado: o estado ideal do fluxo contínuo é caracterizado pela habilidade de resposta de uma simples unidade de trabalho quando o consumidor puxa a produção. Traduzindo-se em uma simples frase: “movimente uma peça, faça uma peça”.
- Supermercado: é um sistema utilizado para pequenos estoques de produtos semi-acabados para completar uma unidade ou parcialmente completar um WIP. Um supermercado deve ser utilizado quando circunstâncias produzem dificuldade para sustentar o fluxo contínuo, ou seja, deve ser usado quando há variações de tempo de ciclo entre os processos.
- Sistema Kanban: é criado no processo de fluxo contínuo para gerenciar o fluxo interno nas unidades de trabalho e externamente os supermercados e áreas de trabalho. Constitui-se de uma maneira única ao enviar e requerer quantidades de serviço exatamente quando este é necessário. O kanban é uma forma de controle visual para movimentar uma unidade de trabalho.
- Primeiro que entra, primeiro que sai (PEPS): é o método de controle utilizado para garantir que as solicitações mais antigas (o primeiro que entra) são as primeiras a serem processadas (primeiro que sai).
- Balanceamento da Produção: é uma importante tarefa na criação do estado futuro para o fluxo contínuo quando se quer determinar a situação ótima na distribuição dos elementos de trabalhos (operações) no fluxo de valor para determinar o takt time.

- Trabalho Padrão: padronizar as operações mostra como criar o fluxo contínuo que se deseja enxergar no fluxo de valor. A padronização das operações é um estado de consenso de procedimento de trabalho que estabelece o melhor método e sequência para cada processo de produção. O trabalho padrão cria uma sequência eficiente do fluxo de valor que minimiza a variação do processo, estabelece melhores práticas que garantindo a qualidade do produto, fornece treinamento e capacitação fácil, garante lucratividade e ajuda os trabalhadores enxergarem a demanda dos clientes.

O ponto de partida foi avaliação do fluxo de valor e análise do processo e a definição dos ritmos dos processos, durante o planejamento das atividades de implementação de melhorias, que auxiliam na redução de desperdícios.

Para Rother e Harris (2001), a criação de uma célula de produção segue as mesmas etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor, ou seja:

- Determinar uma família de produtos que envolva produtos de etapas e máquinas semelhantes;
- Designar um gerente de fluxo de valor para a família de produtos e desenhar o mapa do estado atual;
- Criar uma célula de produção com um fluxo contínuo;
- Desenvolver sistemas puxados baseados em supermercados;
- Determinar o takt time da produção.

Uma vez criada, a célula de produção, é posta para funcionar e gerar um determinado produto sem haver estoques entre os processos. Basicamente, a célula de produção deve priorizar três tipos de fluxos segundo Rother e Harris (2001): o de informação (determinar metas, detectar e solucionar problemas), o de material (a peça passa somente por etapas que agregam valor) e o de operadores (trabalho consistente dentro do ciclo).

Produzir uma peça por vez e o repasse imediato desta ao processo seguinte, e assim sucessivamente, sem haver paradas, conforme Liker (2005), necessitam de outros elementos da Produção Enxuta como a padronização das tarefas e controle visual, aliados ao uso de tecnologias confiáveis e adequadas aos funcionários e aos processos, são grandes aliados para o desenvolvimento do fluxo contínuo.

No entanto, implementar o fluxo nas empresas de manufatura requer ações no chão de fábrica especialmente quanto a mudanças de comportamento de todos os envolvidos, da produção

à diretoria da empresa. Investimento em treinamentos, multifuncionalidade, disciplina e habilidades na detecção e resolução de problemas, podem ser os passos para um bom desenvolvimento do fluxo contínuo em uma linha de produção.

Womack e Jones (1998) consideram o fluxo contínuo como uma ferramenta, Koskela (1992) e Formoso (2000) como um elemento.

Nesta dissertação, no entanto, o processo de implementação dos princípios da produção enxuta foi desenvolvido conforme o modelo proposto por Rother e Shook (1999), Womack e Jones (1998) e Rother e Harris (2002), seguindo as etapas do Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM); implementação do evento kaizen como atividade principal das operações, criação de sinalização visual de trabalho; produção puxada; trabalho padronizado.

2.6.6 Melhoria Contínua (MC) e utilização do *KAIZEN*

Berger (1997), citado por Perin (2005, p. 31), descreve que:

[...] o *kaizen* é uma das práticas que explicam a notável excelência operacional das empresas japonesas ... e praticantes desta ferramenta têm analisado o kaizen e proposto que ele é uma das razões que justificam as empresas ocidentais de ainda não terem todo o benefício do conceito de gerenciamento japonês”. Continua ainda que “.... kaizen é a origem da melhoria contínua, é o maior aspecto do movimento de qualidade nas empresas japonesas.

- Definição de melhoria contínua

De uma forma objetiva define melhoria continua como:

[...] é o processo de realizar melhorias mesmo pequenas, e atingir a meta enxuta de eliminar todo o desperdício que adiciona custo sem agregar valor. Liker (2005, p. 44)

Aqui, a melhoria contínua já é tratada mais com “conteúdo” (ações específicas) e “processo” (método para produzir o conteúdo). Sendo desta forma que será tratar a MC neste trabalho.

O enfoque da MC – Evento *Kaizen*, ocorre de forma a obter pequenas evoluções porém continuadas, mas que venham a fazer parte da cultura da empresa sendo executadas natural e repetitivamente pelos funcionários, que buscam melhorar suas práticas rotineiramente, trazendo, ao longo do tempo, sensíveis vantagens a seus processos, e não como um marco ou saltos de transformação.

- Definição e Filosofia *KAIZEN*

A filosofia Kaizen está baseada, conforme:

[...] na eliminação de desperdício com base no bom senso, no uso de soluções baratas que se apoiem na motivação e criatividade dos colaboradores para melhorar a prática de seus processos de trabalho, com foco na busca pela melhoria contínua. Briaies (2007, p. 3)

A Metodologia *Kaizen* pode ser aplicada em qualquer processo produtivo em que exista um padrão nas tarefas ou atividades. TBM Consulting (2000, p. 8)

Também para Rother e Shook (2003, p. 8), reforçando a de que *kaizens* são divididos em dois níveis:

- *Kaizen* de fluxo: ou de sistema, que enfoca no fluxo de valor, tem atuação sistêmica
- *Kaizen* de processo: enfoca em processos individuais, dirigidos às equipes de trabalho e líderes de equipes.

Neste trabalho, focamos o *Kaizen* de Processo que é dirigido a processos individuais, no caso em células de manufatura que será dirigido por uma equipe de trabalho e líderes de equipes.

2.6.6.1 Metodologia *KAIZEN*

Conforme descrito:

[...] para que os trabalhos de *kaizen* sejam desenvolvidos torna-se necessária a definição de metas e objetivos que serão utilizados pelo grupo como direcionadores das atividades. Os objetivos devem ser definidos de maneira reduzida e as metas devem ser arrojadas para instigar o grupo à busca pela melhoria contínua. Briaies e Ferraz (2003, p. 5).

Desta forma, a partir dos objetivos acima, deve-se estar bem atento aos seguintes detalhes da figura 12:

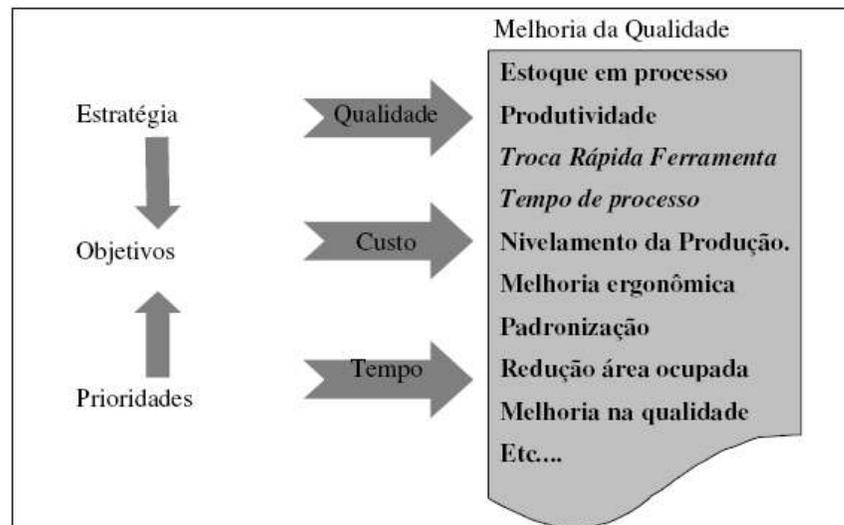


Figura 12 – Objetivos do *Kaizen*

Fonte: Briaes et al (2003)

O *kaizen* vem contribuir para a empresa de diferentes formas, tendo como principais objetivos o aumento de produtividade, a redução do (*lead-time*)¹, redução do estoque em processo, criação de um fluxo uniforme de produção, redução do tempo (*set-up*)², melhorias ergonômicas e segurança, melhoria da qualidade, padronização de operações, dentre outros. A metodologia do *kaizen* de melhoria contínua combina várias ferramentas de manufatura enxuta como: Sistema de (*Gerenciamento Visual*)³ de organização no posto de trabalho, padronização, sistema *pull/kanban*, redução de *set-up*, balanceamento de linha. Esta é implantada na Empresa

¹Fonte: **Lead-time** – Tempo do ciclo, frequência com que uma peça ou produto é completado por um processo. Esse tempo inclui o tempo de operação mais o tempo requerido para preparar, carregar e descarregar os materiais.

(LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007, p. 42)

²Fonte: **Redução de Set-Up** – Processo de redução do tempo necessário para a troca de modelo e/ou ferramentas de um processo, da última peça do produto anterior até a primeira peça boa do produto seguinte. (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007, p. 69)

³Fonte: **Gerenciamento Visual** – Colocação em local fácil de ver de todas as ferramentas, peças, atividades de produção e indicadores de desempenho do sistema de produção, de modo que a situação do sistema possa ser entendida rapidamente por todos os envolvidos. (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2007, p. 28)

com o Evento *Kaizen*, *workshop Kaizen (Chão de Fábrica)*⁴. A metodologia *kaizen* tem como foco principal atacar – Os 8 tipos de desperdícios, mostrado na figura 13:

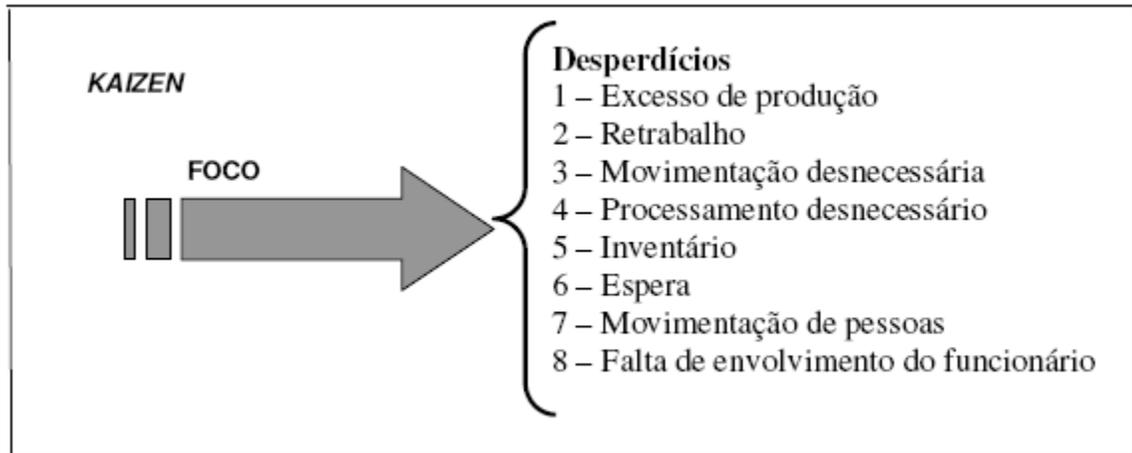


Figura 13 – Foco principal do *Kaizen* são os desperdícios

Conforme em César (2005), uma das formas de elaborar e gerenciar o evento *Kaizen* é: definir uma área na qual serão realizados os trabalhos de *Kaizen*. A etapa de formação do grupo multifuncional caracteriza o início da aplicação da metodologia. O time multifuncional deverá conter de 10 a 12 pessoas, constituído da seguinte forma: 1/3 de pessoas das áreas operacionais que atuam na área a ser trabalhada; 1/3 de pessoas das áreas técnicas (engenharia, qualidade, supervisão etc); e o 1/3 restante de pessoas “estranhas” à área (chamadas de estrangeiros: finanças, RH, vendas, convidados etc.), com a finalidade de quebrar os paradigmas.

Em seguida, continuando César (2005), são definidos o líder e o co-líder da equipe, em geral colaboradores que tenham conhecimentos técnicos da área, e apresentem características de tendência para a mudança, facilidade para motivar os participantes, facilidade de comunicação e habilidade para resolver conflitos.

Os objetivos determinados pelo Evento *Kaizen* são agressivos, o que na realidade devem ser, pois este Evento *Kaizen* tem por finalidade mudar uma situação atual (produção) a qual não está sendo satisfatória. Desta forma os participantes (que são uma equipe multifuncional) sentem-se a princípio um pouco perdidos para agir.

⁴Fonte: *Workshop Kaizen Chão de Fábrica* – nome utilizado pela TBM Consulting Group para designar o evento *kaizen* de duração de uma semana

Conforme descrito:

[...] Está aí a importância da metodologia adotada para resolução do problema ou melhoria do processo. A utilização das ferramentas corretas é que irá abrir o caminho na busca da transformação” Reali (2006, p. 49).

Pode-se verificar, na Tabela 2 abaixo, a agenda de uma semana *kaizen*. Verifica-se que é uma semana planejada, para que os efeitos sejam o mais rápido possível integralizados na produção.

Tabela 2

Exemplo de uma Agenda Semana Kaizen.

Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
Treinamento Conceitual - Kaizen de processo - Operação Standard - 5S - JIT / Kanban - Jidoka - Nivelamento da produção - Padronização - Perdas (8)	Levantar dados Analisar o fluxo Fazer o diagrama “Spagheti” Cronometrar Medir Ver Equip. (PLAN–Planejar)	Implantação das Idéias e Ações (DO – Fazer)	Implantação das Idéias e Ações (ACT – Agir)	Dedicar à preparação da apresentação final
Equipes Multi-Funcionais Identificação da Área de Foco (PLAN–Planejar)	Fazer o Fluxo atual e o gráfico Agrega e não agrega valor. (PLAN–Planejar) Apresentação dos Líderes	Implantação das Idéias e Ações (DO – Fazer) Apresentação dos Líderes (CHECK–Checar)	Implantação das Idéias e Ações (ACT – Agir) Apresentação dos Líderes	Ensaio para a apresentação final, no Auditório Foto do Grupo Apresentação do Grupo
	Brainstorming dentro do quadrante (Alto impacto e Alta dificuldade) (PLAN–Planejar)	Implantação das Idéias e Ações (ACT – Agir)	Preparar material para a apresentação final (Encerramento)	Celebração

Fonte: Adaptado de Briaes et al (2003, p. 6)

2.7 Manufatura SMT

2.7.1 Caracterizando a Tecnologia de Manufatura SMT

Os produtos eletrônicos, especialmente aqueles que se encontram na categoria de produtos eletrônicos de consumo, tem sido significativamente reduzidos quanto às suas dimensões e pesos. Um dos fatores mais significantes para estas reduções se deu pela introdução de componentes de montagem em superfície SM (*Surface Mount*). Os componentes convencionais baseados na tecnologia TH (*Through-Hole*) consomem mais potência, requerem um maior espaço para montagem, contribuindo significativamente para o peso total do produto (NATIONAL, 2004). Uma continuidade na redução do peso e dimensões dos componentes SM tem sido observada, permitindo que uma maior densidade de componentes seja alocada na placa de circuito eletrônico reduzindo ainda mais as dimensões, peso e custo dos produtos produzidos.

As evoluções das dimensões dos componentes SM, quando comparado à tecnologia TH, foram destacadas por National (2004).

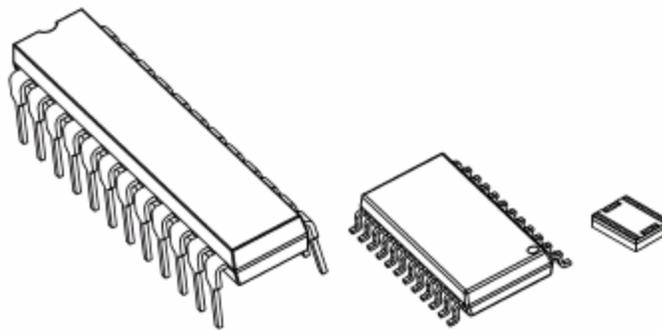


Figura 14: Evolução para encapsulamentos de 24 pinos. Fonte: Autor

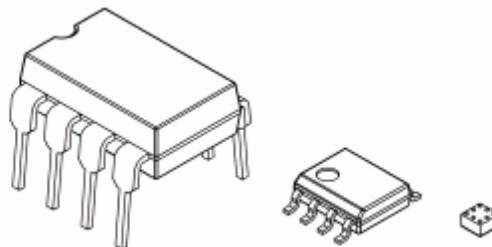


Figura 15: Evolução para encapsulamentos de 8 pinos. Fonte: Autor

As figuras 16 e 17 destacam o tamanho físico de alguns componentes SMD, fator principal para aplicabilidade dos mesmos em produtos miniaturizados.



Figura 16: Componente SMD – Referência de Tamanho Físico.

Fonte: Autor

O tamanho físico dos componentes permite a criação de dispositivos extremamente compactos, como pode ser observado na figura 17:

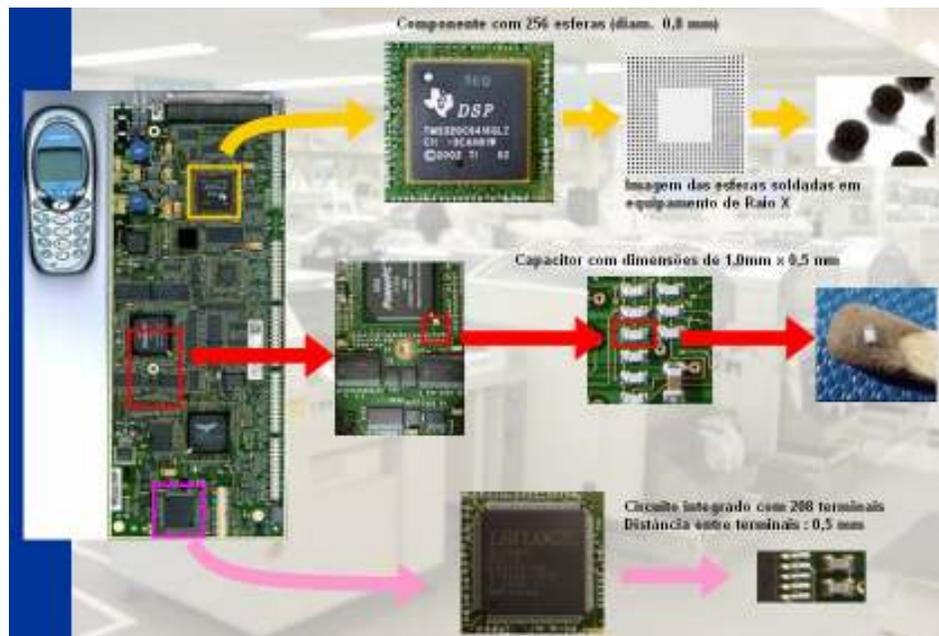


Figura 17: Componente SMD – Referência de Tamanho Físico

Fonte: Autor

A disponibilidade de componentes SMD permitiu aos projetistas desenvolverem equipamentos portáteis com pesos e tamanhos anteriormente impossíveis.

Para SMTA (2004), as necessidades de capacidades adicionais para dispositivos reduzidos, os desejos do mercado por equipamentos compactos e de alta confiabilidade, vieram a fomentar a tecnologia SMT.

Esta fonte destaca ainda outros benefícios da tecnologia SMT:

- Redução do consumo de energia;
- Redução da dissipação de calor;
- Técnicas de manufatura de alto desempenho;
- Redução da intervenção humana durante a manufatura;
- Redução dos custos operacionais;
- Continuidade da evolução e desenvolvimento dos componentes;
- Habilidade de trabalhar combinado com a tecnologia THT.
- Para Elbest (2004) existiriam outras vantagens para a utilização da tecnologia SMT:
- Permitir um maior número de componentes por embalagem, possibilitando uma menor área de armazenamento no estoque;
- Redução do tamanho final da placa de circuito impresso;
- Com peso menor torna-se ideal para fabricação de dispositivos portáteis (ex: telefones celulares);
- A ausência de terminais diminui o índice de falhas por impacto ou vibração;
- As atividades de corte e re-trabalho de terminais são eliminadas;
- Indutâncias parasitas e capacitivas são insignificantes, trazendo benefícios aos projetos que envolvem RF (Rádio Frequência);
- Novas características em invólucros de componentes permitem um número maior de conexões proporcionalmente ao tamanho do componente;
- Máquinas de montagem automáticas asseguram montagens precisas.

Antes de abordar o tema preparação e conferência de *set-up* em máquinas SMT, que será o objeto deste estudo, é necessário descrever o funcionamento básico das etapas de produção SMT.

2.7.2 Linhas de Montagens para Componentes SMT

Para a montagem de SMT são necessários diversos equipamentos trabalhando de forma cooperativa que virão a compor o sistema de produção SMT. Os equipamentos estão dispostos de maneira a formar linhas de produção.

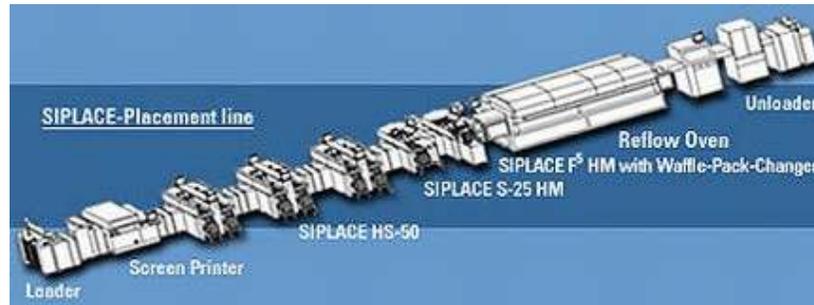


Figura 18: Típica Linha de Produção SMT.

Fonte: Autor

As máquinas que compõem as linhas são altamente automatizadas, levando poucos segundos para montagem das placas, conforme mencionam Silva e Sampaio (2002).

As placas a serem montadas deslocam-se entre os equipamentos cumprindo as etapas de produção envolvidas (Figura 19).

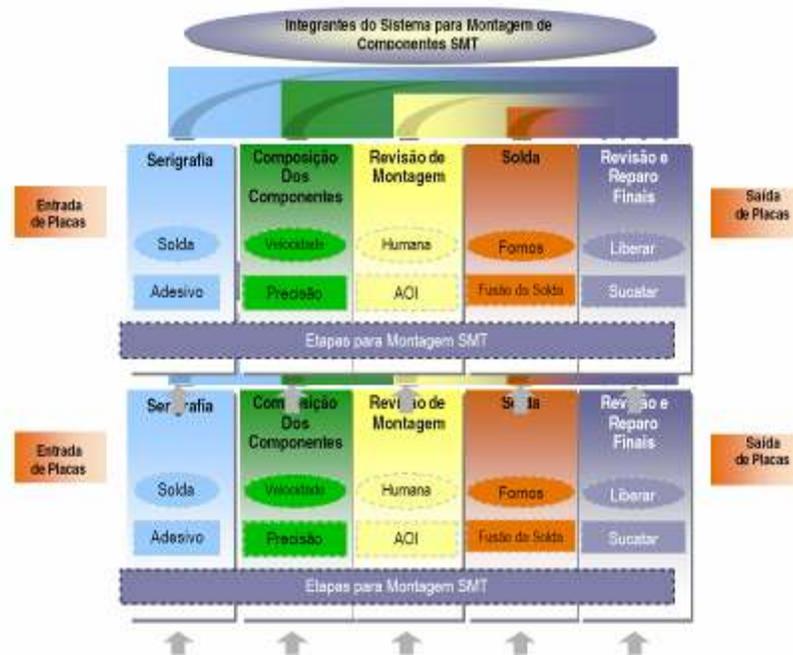


Figura 19: Etapas para Montagem SMT. Fonte: Autor

2.7.2.1 Serigrafia

A serigrafia se localiza no início da linha de produção SMT e é responsável pela aplicação de pasta de solda nas ilhas de solda das placas de circuito impresso (Figura 20).

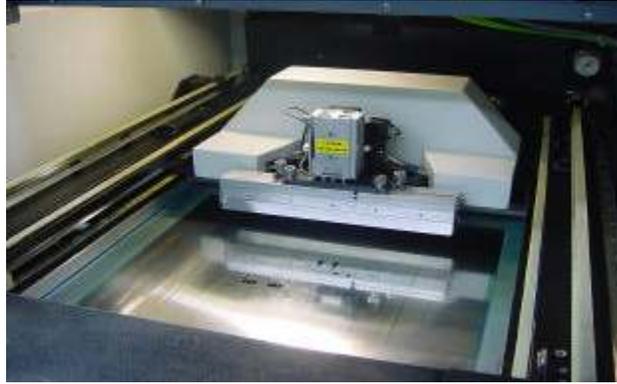


Figura 20: Serigrafia e Aplicação de Pasta de Solda. Fonte: Autor

Durante o processo de serigrafia a pasta terá a função de manter o componente preso à placa quando na montagem e propiciar o contato elétrico quando derretido pelo forno de solda.

2.7.2.2 Soldagem

Ao sair da máquina de montagem, a placa segue até o forno de refusão onde será realizada a soldagem. A placa entra no forno com a temperatura ambiente e gradativamente vai sendo aquecida até o ponto de fusão do estanho. A placa é então resfriada, saindo do forno com temperatura próxima da ambiente.



Figura 21: Forno de Refusão. Fonte: Autor

2.7.2.3 Revisão e Reparo

As etapas de montagem são revisadas antes de prosseguirem para a etapa seguinte. Assim, caso houver um erro na serigrafia, pode-se retornar a placa para o início desta etapa.

Um posto de trabalho, posicionado antes do forno, efetua uma revisão intermediária antes da efetivação do processo de soldagem. Posteriormente a esta etapa, as placas serão novamente revisadas, sofrendo reparo caso necessário.



Figura 22: Posto de Revisão. Fonte: Autor

Após esta etapa, finalmente as placas serão liberadas para o teste final.

2.7.2.4 Inspeção de Montagem Automatizada

A etapa de inspeção poderá ser assistida ou substituída totalmente por equipamentos do tipo AOI (*Automated Optical Inspection*). Tais equipamentos procuram efetuar a revisão dos módulos produzidos comparando-os com padrões pré-definidos em suas bases de dados. O AOI captura imagens dos componentes existentes no módulo inspecionado, comparando-os com componentes armazenados em sua biblioteca interna. Erros de montagens tais como polaridade invertida, curto circuito entre posições de solda poderão ser identificados caso o equipamento AOI esteja devidamente configurado. Estes equipamentos podem ser adicionados onde às etapas de revisão de montagem sejam consideradas críticas para montagem SMT (Figura 23).



Figura 23: Equipamentos AOI. Fonte: Autor

2.8 Equipamentos para Composição SMT

As máquinas utilizadas para a manufatura SMT possuem alto grau de precisão e automação (Figura 23). Segundo Bentzen (2004), as máquinas de composição SMT surgiram em meados de 1980 possuindo uma velocidade de composição de 1000 a 2000 componentes por hora. Posteriormente vieram as máquinas com sistema ótico para alinhamento dos componentes a serem montados. A partir desta evolução, seria possível compor rapidamente os componentes com reduzidas dimensões.

Em 1990 as máquinas de composição tiveram uma grande mudança ao disponibilizar mais de uma unidade de captura e montagem de componentes (cabeçotes). Possuindo vários cabeçotes de montagem, seria possível operar de forma mais rápida e cooperativa, onde cada cabeçote poderia ser responsável pela montagem de determinada região da placa de circuito impresso ou mesmo pela montagem de diversas placas simultaneamente.

Para Brochonski e Candido (1999), quanto ao requisito velocidade existem diversos tipos de máquina de compor entre os quais podemos distinguir: Máquinas de alta velocidade com menor precisão; Máquinas de alta precisão com menor velocidade.

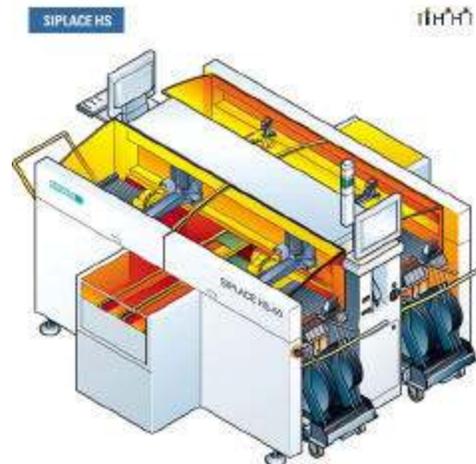


Figura 24: Exemplo de Máquina de Compôr Componentes SMT

Fonte: Autor

Alguns fabricantes disponibilizam máquinas mistas com dois cabeçotes de montagem, um de alta precisão para componentes (*fine-pitch*)⁵, e outro cabeçote composto por um revolver (Figura 25) que apanha vários componentes simples (resistores, capacitores, diodos,...) de uma só vez para aumentar a velocidade de composição.

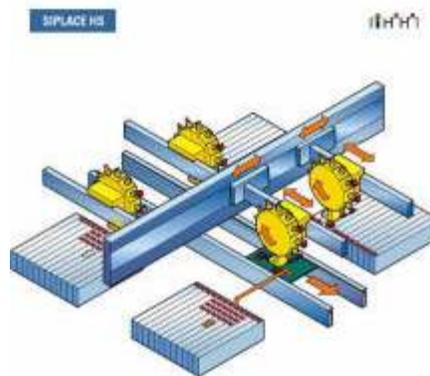


Figura 25: Cabeçotes de Máquina de Compor Componentes SMT. Fonte: Autor

Brochonski e Candido (1999) destacam que os componentes SMD são acondicionados em fitas, que podem ser de papel ou plástico. Estas fitas são enroladas em carretéis. Os carretéis são montados em dispositivos mecânicos chamados alimentadores. Os alimentadores têm como função deixar o componente SMD preparado para a composição. Assim que o cabeçote apanha um componente para montagem, o carretel avança a fita de componentes até que o próximo componente esteja na posição de composição. Bentzen (2004) destaca os diferentes formatos de alimentadores aptos a suportarem os variados formatos dos componentes SMT (Figura 26).

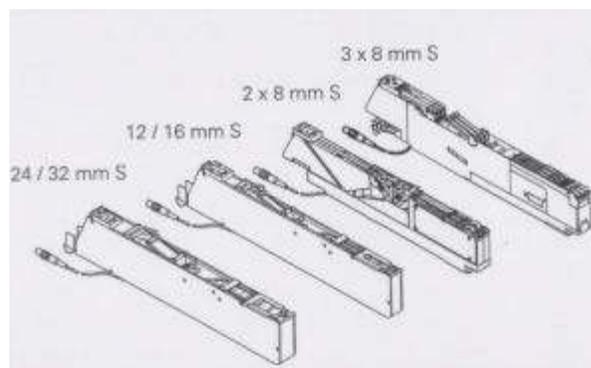


Figura 26: Alimentadores para Composição SMT. Fonte: Autor

⁵Fonte: Fine-pitch - Componente de alta precisão com pequeno espaçamento entre os terminais de contato

Os alimentadores com os carretéis de componentes são fixados em mesas alimentadoras, para facilidade de transporte e troca de *set-up* (Figura 27).

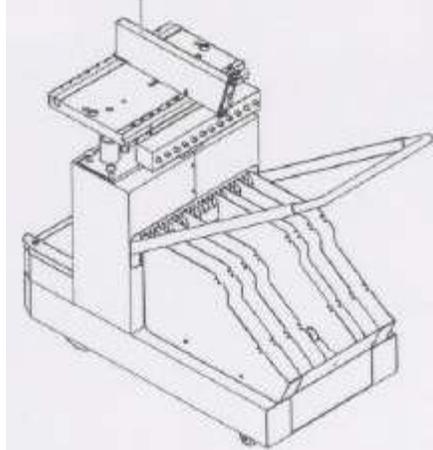


Figura 27: Mesas para Alimentadores. Fonte: Autor

Ao entrar nas máquinas de composição, as placas de circuito impressas são fixadas e liberadas após a montagem. O programa de montagem da placa informa à máquina quais componentes montar; as coordenadas onde o componente deve ser posicionado na placa; e em quais mesas (direita ou esquerda) o alimentador com o componente a ser montado está localizado. Com estas informações, o cabeçote se desloca até a mesa de alimentadores de componentes, apanha o componente por intermédio de uma pipeta que suga o componente, transporta o componente até a placa assentando-o sobre a pasta de solda. Este ciclo se repete até que todos os componentes da placa estejam montados (BROCHONSKI e CANDIDO, 1999).

A maximização da produtividade em linhas de montagem SMT tem se mostrado um campo fértil de pesquisa uma vez que a tecnologia SMT é nova e tem grande potencial de crescimento (BROCHONSKI e CANDIDO, 1999). A literatura sobre a redução de *set-up*, entretanto, tem focado a maximização do rendimento dos equipamentos. Entretanto, existem autores que fomentam novas abordagens que também agregarão ganhos ao rendimento e produtividade SMT. Neste sentido, procurou-se descrever as suas opiniões.

Cavinato (1991) menciona a importância da redução do *set-up* nas empresas ao diminuir o *lead time* produtivo, agregando um melhor benefício aos consumidores, favorecendo a implantação da filosofia (*JIT*)⁶.

Jain e Safai (1996) apresentam as estratégias mais utilizadas para a redução do número de alimentadores utilizados em montagens, através de modelos matemáticos para montagens similares. Tal solução propicia a redução do tempo de *set-up*.

Os autores Goubergen e Landeghem (2002) defendem que reduções significativas para o tempo de *set-up* podem ser alcançadas através do projeto e design dos equipamentos produtivos. Os autores complementam ainda, que os projetistas de equipamentos de manufatura devem desenvolver equipamentos amigáveis, tendo certeza de que não serão necessárias habilidades especiais para preparação e troca de *set-ups*.

Magnell (2002), em seu artigo denominado, menciona o esforço dos fabricantes de equipamentos SMT de forma a propiciar uma rápida troca de *setup*.

O autor descreve os progressos para alimentadores que permitem que as máquinas de composição SMT continuem funcionando enquanto os alimentadores são trocados.

Nesta mesma direção Ajay e Neville (1998) propõem a melhoria na etapa de *set-up* de linhas de montagem SMT através do projeto de um alimentador com sistema vibratório que desloca os componentes um a um para serem capturados.

Estratégias para o *set-up* na manufatura SMT são mencionadas por Ammons, Govindaraj e Mitchell (1988). Neste trabalho propuseram-se duas estratégias para o *set-up*:

- Estratégia de *set-up* único: Onde um grupo de máquinas é configurado para produzir uma família de placas usando um único *set-up*.
- Estratégia de *set-up* múltipla: Onde o grande número de componentes diferentes inviabiliza um *set-up* para uma única
- Família de produtos. Utilizam-se sub-famílias de placas para
- Minimizar as trocas de *set-up*.

⁶Fonte: JIT - Filosofia de manufatura baseada na eliminação planejada dos desperdícios e a elevação contínua da produtividade, trabalhando com a quantidade exata de material que necessita, preconizando ações para zerar os defeitos, racionalizar os tempos de *set-up*, operando por meio de revisões contínuas das operações e estabelecimento do tamanho ideal dos lotes de fabricação.

Nesta mesma orientação Leon e Peters (1998) publicaram dados descrevendo a estratégia de manter os componentes mais utilizados em posições fixas nas máquinas por longo período de tempo, evitando perdas de tempo para reconfiguração destes componentes.

Diferentemente dos trabalhos propostos até então, o autor Shervais (1996) menciona a importância da redução dos tempos de *set-up* para que a implantação da filosofia de produção JIT seja realizada de forma bem sucedida. O autor ainda identifica o *set-up* como um recurso gargalo à produção, ao introduzir o tema de teoria das restrições (TOC).

Tzur e Altman (2004) descrevem que em uma manufatura SMT os componentes são fixados em alimentadores que devem ser posicionados nas máquinas antes que placas de determinado tipo sejam produzidas. Uma vez que as máquinas de composição trabalham com um número limitado de alimentadores, geralmente ocorre uma troca freqüente dos alimentadores para que diferentes placas sejam produzidas. A troca de alimentadores consome tempo, sendo necessário determinar uma melhor seqüência para sua alocação diminuindo o tempo de *set-up*. Os autores propõem um algoritmo que busca minimizar as trocas de alimentadores e componentes para diferentes placas. Tais rotinas não garantem a qualidade do que está sendo produzido.

Ghinato (1996) comenta as necessidades de dispositivos de apoio à manufatura que possuam a finalidade de detectar a ocorrência de anomalias nos processos e, forçar uma ação corretiva imediata, evitando a propagação de defeitos.

Na etapa de preparação de *set-up* tal atividade será fundamental. Para este autor, a inspeção em determinados pontos do processo produtivo, de caráter preventivo, será capaz de eliminar a ocorrência de defeitos uma vez que o controle será exercido na origem do processo e não sobre os resultados do mesmo.

Moura e Banzato (1996b) destacam que “o tempo gasto no *set-up* é necessário, pois serve para preparar o equipamento para produção, mas hoje parte desse tempo é desperdiçado e poderá ser reduzido.”

Para Goubergen e Landeghem (2001) nas últimas décadas houve um aumento da necessidade da redução dos tempos de *set-up*. Tal fato se deu em função do mercado, fomentando novas tendências de demandas produtivas, trazendo grandes variações em produtos com número maior de lotes pequenos.

Ainda segundo o autor, as principais razões para redução do *set-up* são:

- Necessidades de flexibilidade: para responder rapidamente as mudanças requeridas pelo mercado, a manufatura deve estar apta a produzir lotes pequenos;
- Recursos Gargalo: A redução do tempo de *set-up* aumenta a disponibilidade de equipamentos, podendo evitar a compra de equipamentos adicionais e os gastos com alocação de equipes quando a demanda de mercado aumenta;
- Redução de Custos: Especialmente nos recursos gargalos, a redução do *set-up* propiciará uma melhor efetividade de utilização. Atividades longas para *set-up* reduzem a capacidade produtiva enquanto os equipamentos permanecem ociosos até que a operação seja completada com êxito.

Para Shingo (2000c), a redução dos tempos de preparação, à medida que permite trabalhar economicamente com pequenos lotes de fabricação, possibilita a redução dos estoques em processo e de produtos acabados, trazendo vantagens financeiras à empresa. Os refugos e re-trabalhos serão reduzidos à medida que os defeitos forem localizados em um menor tempo e cada vez mais perto da fonte dos mesmos. O autor menciona que a redução de *set-up* permitirá uma redução na variabilidade do sistema no que tange a preparação das máquinas, reduzindo significativamente os defeitos e re-trabalhos provenientes da preparação mal realizadas.

Cabe citar ainda que a redução de *set-up* é um fator primordial na filosofia de produção JIT (*Just-In-Time*), ao permitir a redução do tamanho de lotes. No caso da manufatura SMT as operações de *set-up*, de acordo com Sadiq e Landers (1991), podem requerer um tempo excessivo consumindo mais de 50% do tempo total de produção.

Também para Bockerstette e Moura (1995) deve-se projetar o *set-up* para prevenir o erro humano, implementando novos procedimentos de *set-up* para garantir tempo reduzido, variabilidade reduzida, qualidade melhorada, e maior rendimento e eficiência.

3. METODOLOGIA DE PESQUISA

As obras específicas e que abordam as teorias e técnicas sobre a metodologia da pesquisa científica conceituam método como o conjunto das atividades sistemáticas e racionais que, com maior segurança e economia, permitem alcançar os objetivos, conhecimentos válidos e verdadeiros, traçando desta forma o caminho a ser seguido, detectando erros e auxiliando as decisões (VERGARA 2004).

Segundo Vergara (2004), a “metodologia compreende as concepções teóricas de abordagem e o conjunto de técnicas que possibilitam o entendimento, aliados ao potencial do pesquisador”.

De acordo com Gil (2002), para se atingir os objetivos pretendidos com a investigação são necessários alguns passos: formulação do problema; definição das hipóteses; definição do tipo de pesquisa; coleta de dados; análise dos resultados; revisão final e redação.

O conhecimento científico, segundo Togneti (2006), é o resultado da investigação científica, que surge da necessidade de encontrar soluções aos problemas de ordem prática da vida diária e em fornecer explicações sistemáticas capazes de serem testadas e criticadas por meio de provas empíricas e discussões intersubjetivas.

Lakatos e Marconi (1995) definem a metodologia científica como uma série de atividades sistemáticas e racionais que busca confiabilidade na solução de problemas e, que não existe ciência sem o emprego deste tipo de modelo.

A aplicação da metodologia científica engloba métodos e técnicas de pesquisa como elementos essenciais na aplicação do modelo estudado. Para Lima (2007), os métodos de pesquisa são subdivididos em métodos amplos (trata de questões genéricas e abstratas) e métodos de procedimentos (contém estratégias e abordagens de pesquisa).

Para se atingir os objetivos pretendidos com a investigação, são necessários à tipificação da pesquisa de acordo com a abordagem quantitativa ou qualitativa.

A abordagem quantitativa, também denominada de pesquisa empírica, parte da formulação dedutiva de uma ou mais hipóteses através de pesquisa teórica inicial, confirmando, ou não, estas hipóteses, através de observação empírica.

O conhecimento empírico é um conhecimento que se adquire independentemente de estudos, de pesquisas, de reflexões ou de aplicações de método. Esse geralmente é conseguido no percurso da vida, no cotidiano e, muitas vezes, ao acaso, fundamentado apenas em experiências

vivenciadas ou transmitidas de pessoas para outras pessoas, fazendo parte das antigas tradições. Esse conhecimento também pode derivar das experiências casuais por meio de erros e acertos, sem a fundamentação dos postulados metodológicos.

O primeiro nível dos contatos entre o intelecto e o mundo sensível se faz sentir pelo conhecimento empírico, pois ele se contenta com as imagens superficiais das coisas, com a visão ingênua do contexto exterior, da realidade objetiva. Esse conhecimento, por sua característica, não estabelece relações significativas de suas interpretações, proporcionando uma imagem fragmentária da realidade.

As declarações do conhecimento empírico referem-se a vivência imediata sobre os objetos ou fatos observados, e possui grandes limitações. Por ser um conhecimento do dia-a-dia e preso a convicções pessoais, passa a ser, muitas vezes, incoerente e até impreciso. Outras vezes produz crenças arbitrárias com inúmeras interpretações para a complexidade de fatos, o que é respaldado por Koche, (1997)

Esse conhecimento permanece num nível superficialmente consciencial, sem um aprofundamento crítico e racionalista. Sendo um *viver sem conhecer* significa que o senso comum, quando busca informações e elabora soluções para os seus problemas imediatos, não especifica as razões ou fundamentos teóricos que demonstram ou justificam o seu uso, possível correção ou confiabilidade, por não compreender e não saber explicar as relações que há entre os fenômenos (KÖCHE, 1997 p.24).

Já a abordagem qualitativa caracteriza-se pela imersão do pesquisador no contexto pesquisado bem como pela interpretativa de condução da pesquisa.

Para Yin (2001), outras razões para que a abordagem qualitativa possa ser considerada adequada se dão à medida que:

- * As situações analisadas são contemporâneas, abrangentes e complexas;
- * O corpo teórico disponível é insuficiente para estabelecer relações claras de causa e efeito;
- * O fenômeno não pode ser estudado fora de seu contexto sem perda de utilidade da pesquisa;
- * O foco maior é na compreensão dos fatos e não da sua mensuração;
- * A possibilidade de se utilizar várias fontes para evidenciar os fatos;
- * Quando não se possui o controle sobre os eventos ou comportamentos dos fatos e pessoas envolvidos na pesquisa.

A Tabela 3 relaciona o método de pesquisa, a abordagem principal, e os instrumentos empregados para a coleta de dados.

Tabela 3
Instrumentos e Abordagens para o Método de Pesquisa

Método de Pesquisa	Abordagem	Instrumentos
Experimental	Quantitativa	Experimentos
Survey	Quantitativa	Questionários
Estudo de caso	Qualitativa	Entrevistas e outras fontes
Pesquisa participante	Qualitativa	Observação direta
Pesquisa-ação	Qualitativa	Observação e participação diretas

Fonte: Bryman (1989)

Quanto à natureza: Prevalendo neste processo o método qualitativo e quantitativo, interagindo de forma processual entre o pesquisador e os teóricos. Para Fachin (2002), a pesquisa qualitativa é caracterizada pelos aspectos não somente mensuráveis, mas também definidos descritivamente. É um conjunto de valores em que divide uma variável qualitativa e denominada sistema de valores.

Tognetti (2006) descreve os tipos de pesquisa científica existente e suas cinco subdivisões, ilustrados na Figura 28.



Figura 28: Tipos de pesquisa científica, segundo Togneti (2006).

Já Santos (2002) define três tipos de pesquisa, divididos da seguinte forma:

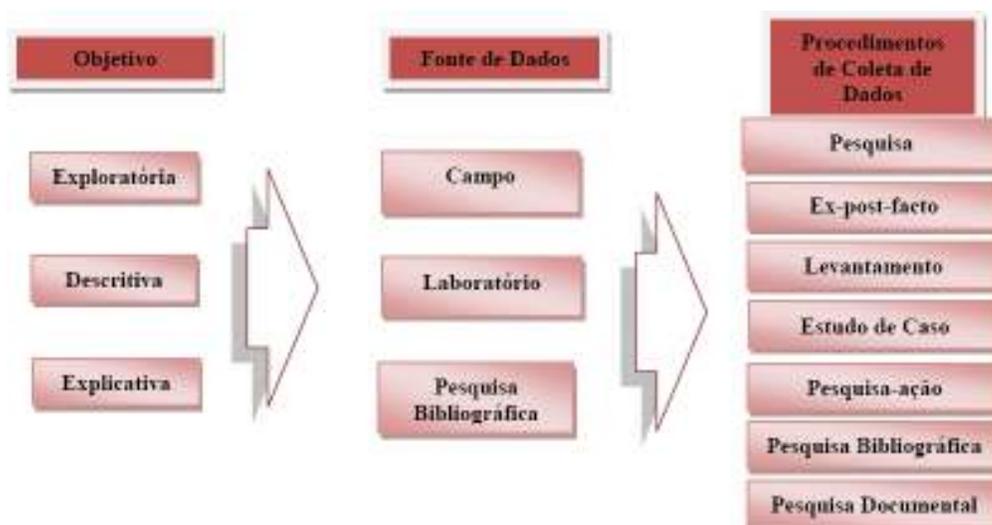


Figura 29: Tipos de pesquisa científica, segundo Santos (2002).

Diferentes abordagens suscitam diferentes estratégias metodológicas na resolução de problemas. Holanda & Riccio (2002) descrevem que em qualquer tipo de estudo, utilizam-se métodos quantitativos (realizam-se inferências com base em amostras) e métodos qualitativos (faz-se análise de profundidade e as inferências é a própria teoria).

Portanto quanto aos fins: Tratou-se de uma pesquisa descritiva, porque visou detectar de forma sistemática a questão central proposta “Como reduzir os tempos de preparação de set-ups

numa linha de montagem SMT?”, numa empresa do Pólo Industrial de Manaus utilizando a como base o sistema de produção enxuta através de eventos kaizen.

Quanto aos meios: Tratou-se de uma pesquisa bibliográfica e documental, através de livros, artigos, trabalhos e materiais internos. Os dados referentes ao objeto de estudo deste trabalho, foram coletados a partir da pesquisa de campo.

Partindo das premissas da metodologia científica proposta por Martins (1999), onde se verifica maior abrangência, sendo esta a metodologia utilizada para o delineamento desta dissertação. Abaixo se ilustra o modelo proposto pelo referido autor e em destaque os caminhos percorridos para a implementação da redução dos tempos de set-ups através de eventos kaizen na linha de montagem SMT.

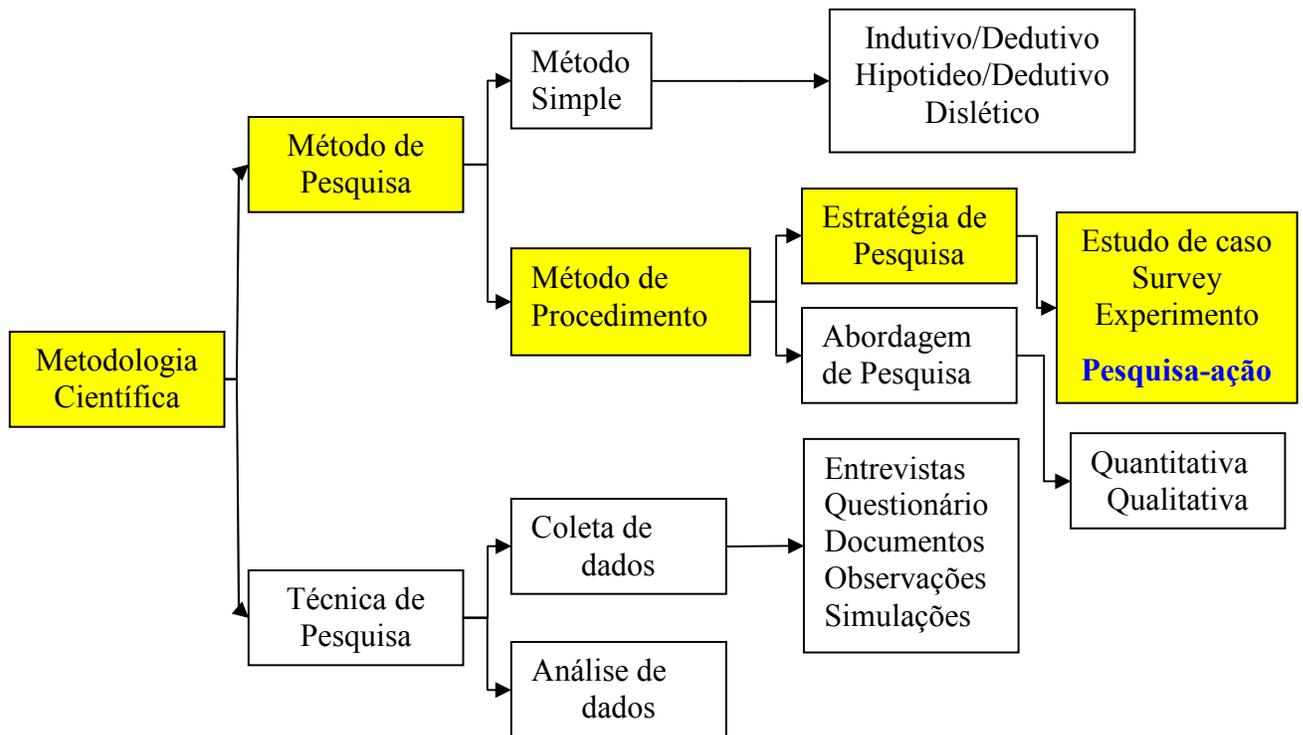


Figura 30: Delineamento da pesquisa científica, segundo Martins (1999)

Adequar a metodologia ao elemento essencial durante o desenvolvimento do modelo de implementação dos princípios do Sistema de Produção Enxuta, como estratégia de pesquisa utilizou-se pesquisa-ação, devido à completa interação do pesquisador com o objeto de estudo (LIMA, 2007).

A pesquisa-ação foi criada por Kurt Lewin e conforme Holanda & Riccio (2002), este tipo de pesquisa caracteriza-se por um “ciclo de análise, fato-achado, concepção, planejamento,

execução e mais fato-achado ou avaliação. E então, uma repetição deste círculo inteiro de atividades, realmente uma espiral de tais círculos”.

Conforme Engel (2000), a pesquisa-ação surgiu da necessidade de integrar teoria e prática, que intervém na realidade, inovando ao decorrer do processo de pesquisa e, não apenas como uma possível consequência de uma recomendação na etapa final do projeto.

Para tanto, a aplicação do conhecimento teórico através do uso da pesquisa-ação como metodologia visando a otimização nos tempos de setups, trabalhando os desperdícios com o uso do VSM no processo smt.

Sommer e Amick (2003) ainda acrescentam que os pesquisadores comportamentais contribuem em aspectos teóricos e práticos, simultaneamente, e que o criador da pesquisa-ação argumentava o fato de não haver pesquisa sem avaliação e reestruturação. Segundo os referidos autores, de um modo geral, os investigadores que utilizam desta estratégia de pesquisa, comungam a idéia de que a pesquisa-ação engloba ciclos de planejamento, ação, reflexão ou avaliação e, ação.

As pesquisas de base qualitativa como a pesquisa-ação, buscam produzir explicações e gerar significados aos fenômenos, tão importante quanto os resultados. O sujeito é a fonte central geradora de significados sobre o mundo e ocupa diferentes lugares de uma mesma configuração.

Em contrapartida, para Monteiro et al (2001), não há total controle do processo de investigação, sendo a base fundamental da pesquisa-ação a perspectiva de transformação, da tomada de decisão e modificar a dicotomia teoria-prática, sujeito-objeto, permitindo recriar formas próprias de viver, fazer e saber.

Dickens & Watkins (1999) descrevem que os participantes de pesquisa-ação iniciam com pouco conhecimento de uma situação específica, assim sendo cabe à situação e condições ambientais conduzir a direção da pesquisa. Quanto aos investigadores de ação, fazem descobertas científicas enquanto solucionam problemas práticos, isto é, os participantes de programas de pesquisa-ação não são tratados como objetos ou assuntos, e sim como co-investigadores.

Thiollent (1997, p. 117) enfatiza que:

[..] nenhuma frase ou discurso incitando ao 'fazer' será tão poderosa quanto o 'fazer-fazendo'. Em geral, uma mudança cultural pressupõe mudanças no uso da linguagem. A linguagem usada na organização deve possuir uma força empreendedora, mas é uma tarefa árdua. Mudando as palavras ou suas definições, é possível introduzir pequenas mudanças nos modos de encarar as relações e os problemas da organização.

Em um processo de pesquisa-ação, todo o grupo é um elemento fundamental para segurança de cada participante e possibilita troca de experiências e trabalho colaborativo. Sommer & Amick (2003) descrevem os estágios da pesquisa-ação e enfatizam que não é regra segui-los, e sim adequá-los ou acrescentar de acordo com a necessidade. Eis os estágios:

Estágio 1 - definição do problema;

Estágio 2 – criação de um comitê de pesquisa: divisão de tarefas e desenvolvimento de um cronograma;

Estágio 3 - treinamento;

Estágio 4 - promover entrevistas de campo e levantamento de dados;

Estágio 5 - análise dos dados;

Estágio 6 - promover um feedback interno, na organização;

Estágio 7 - disseminar informações;

Estágio 8 - aplicação dos resultados e avaliação.

Com base nestes estágios e adequando-os à realidade da pesquisa, verifica-se que todos foram possíveis uma vez que: os problemas da fábrica foram sendo encontrados, tais como: desperdício na linha de produção com base no modelo tradicional de gestão. Foi criada uma equipe de trabalho (Equipe Kaizen) que envolvia o gerente de produção e um líder de cada etapa do processo, os quais possuíam liberdade de intervir e opinar acerca das mudanças propostas pelo investigador; a cada mudança na linha de produção, e contribuíram positivamente após esclarecimentos preliminares durante as reuniões com a direção da empresa.

No entanto, alguns estudiosos da pesquisa tradicional apontam as principais desvantagens da pesquisa-ação, tais como Cohen & Manion (apud ENGEL, 2000), os quais elucidam: o objetivo situacional e específico da pesquisa-ação; amostra restrita da pesquisa-ação e não-representativa; pouco ou nenhum controle sobre variáveis independentes; não permite a generalização dos resultados, ou seja, são válidos apenas no ambiente em que é realizada a pesquisa.

Sommer & Amick (2003) destacam ainda que a pesquisa-ação: requer um longo período de tempo; possui um elevado risco e falta de sensibilidade quando não há envolvimento de todos os

grupos essenciais no comitê de pesquisa, no desenvolvimento da pesquisa e no levantamento de dados; é menos rigorosa e mais fluida.

A justificativa deste trabalho para o uso do método de procedimento de pesquisa-ação reside no fato desta:

- Promover o envolvimento das pessoas e o desenvolvimento de grupos interessados em mudanças;
- Reduzir a distância entre o pesquisador e a sociedade;
- Ter como base de estudo a mudança nos fatos (pesquisa) ao invés de especulações ou ideologias;
- Fornecer feedback aos pesquisadores quanto a importância de seu trabalho;
- E, permitir o ensinamento dos pesquisadores em conduzir pesquisas de campo.

É necessário ainda que o pesquisador detenha total conhecimento acerca de teorias e conceitos, métodos de coleta de dados e análise estatística, bem como formas de disseminação dos resultados de pesquisa (SOMMER & AMICK, 2003; LIMA, 2007).

Com base no exposto acima, a pesquisa teve início com a identificação do problema na linha de produção por parte da empresa, a qual aceitou a proposta da melhoria, com o cronograma previsto para oito meses. Para o diagnóstico da linha de produção, utilizou-se a ferramenta do mapeamento do fluxo de valor, característico do Sistema de Produção Enxuta, com a coleta de dados através de observações e simulações.

As observações ocorreram in loco e a cada etapa do processo foram anotados e cronometrados todos os elementos de trabalho, bem como os tempos referentes aos deslocamentos entre os postos de trabalhos de pessoas e material, dados estes posteriormente compilados e tabulados para então serem analisados. Portanto, quanto ao método de procedimentos para abordagem de pesquisa de modo qualitativo e quantitativo.

Conforme as observações, análise dos mapas do estado atual e futuro, planejamento e implementação das ações de melhoria, a intervenção na linha de produção ocorreu com o auxílio do gerente de produção, uma vez que coube a ele a responsabilidade de auxiliar e interferir na linha de produção e, quaisquer mudanças no chão de fábrica eram previamente agendadas.

O fato importante na elaboração e no planejamento para implementação do Sistema de Produção Enxuta conjugada com a estratégia de pesquisa proposto é a participação de todos os

envolvidos no processo de melhoria. Portanto, o facilitador para concretização desta pesquisa, contou com a efetiva sinergia entre todos colaboradores.

4. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

4.1 Descrição das Atividades

A aplicação aqui descrita foi realizada em uma empresa localizada no Pólo Industrial de Manaus, líder de mercado na área de *Contract Manufacturing Service* (Serviços de Subcontratação - Terceirização) no ramo de eletro-eletrônico.

Esse trabalho em questão compreende uma parte de um projeto de escopo amplo de mudança na direção da mentalidade enxuta na empresa. Algumas atividades precederam as atividades aqui descritas, dentre as quais: identificação de famílias de produtos e componentes, desenho da situação atual (inicialmente encontrada na empresa), propondo a situação futura para alguns destes componentes e implantação efetiva de algumas ferramentas para certas famílias (5S, produção puxada por cartões kanban, implantação do trabalho padronizado na manufatura, etc.);

No entanto, na fase seguinte do projeto, aqui descrita, caminha-se na direção de propor soluções enxutas todas às famílias de produtos, de maneira a reduzir os altos tempos de set-ups.

Para a realização do evento kaizen descrito, que foi aplicado na área mais crítica da empresa, atenção especial foi voltada à formação da Equipe (Time de Kaizen), de forma a ser composta por:

- Pessoas especialistas nos processos da área;
- Pessoas relacionadas à área (clientes e/ou fornecedores internos);
- Pessoas de fora da área (com o intuito de disseminação de conceitos e cultura);
- Facilitadores / coordenadores;
- Líderes;
- Especialistas / assessores externos (presentes sempre que solicitado pela equipe);

O desenvolvimento do evento kaizen descrito deu-se conforme o modelo apresentado na figura 31 a seguir:



Figura 31 – Transformação Enxuta. Fonte: Autor

DMAIC

A metodologia DMAIC (Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre), também conhecida como DFSS ("**D**esign **F**or **S**ix **S**igma"), possui cinco fases:

- *Define* the problem: definição do problema a partir de opiniões de consumidores e objetivos do projeto;
- *Measure* key aspects: mensurar os principais aspectos do processo atual e coletar dados importantes;
- *Analyse* the data: analisar os dados para investigar relações de causa e efeito. Certificando que todos os fatores foram considerados, determinar quais são as relações. Dentro da investigação, procurar a causa principal dos defeitos;
- *Improve* the process: melhorar e otimizar o processo baseada na análise dos dados usando técnicas como desenho de experimentos, poka-yoke ou prova de erros, e padronizar o trabalho para criar um novo estado de processo. Executar pilotos do processo para estabelecer capacidades;
- *Control*: controlar o futuro estado de processo para se assegurar que quaisquer desvios do objetivo sejam corrigidos antes que se tornem em defeitos. Implementar sistemas de controle como um controle estatístico de processo ou quadro de produções, e continuamente monitorar os processos.

Aplicação do DMAIC

Ao aplicar o Seis Sigma numa organização, é feito um intensivo uso e ferramentas para a identificação, análise e solução de problemas, com ênfase na coleta e tratamento de dados e suporte estatístico.

O diferencial do Seis Sigma está na forma de aplicação estruturada dessas ferramentas e procedimentos e na integração com as metas e os objetivos da organização como um todo, fazendo com que a participação e o comprometimento de todos os níveis e funções da organização se torne um fator-chave para o êxito de sua implantação. Também atuam como fatores-chave o compromisso da alta administração, uma atitude pró-ativa dos envolvidos no programa, e sistematização na busca da satisfação das necessidades e dos objetivos dos clientes e da própria organização.

Além disso, o Seis Sigma prioriza a escolha do pessoal que irá se envolver na implantação e aplicação do programa de forma criteriosa, além do treinamento e da formação das equipes para a seleção, implementação, condução e avaliação dos resultados obtidos com os projetos executados, que são a base de sustentação do programa.

Segue abaixo o cronograma de planejamento Kaizen, conforme figura 32.

	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
MANHÃ	TREINAMENTO	AÇÃO DO KAIZEN	IMPLEMENTAÇÃO E TESTE	TREINAMENTO	APRESENTAÇÃO
TARDE	PLANEJAMENTO	AÇÃO DO KAIZEN	APRIMORAMENTO E AJUSTES	CONSOLIDAÇÃO	CELEBRAÇÃO

Figura 32: Planejamento do evento Kaizen. Fonte: Autor

No primeiro período do evento, a equipe designada participou de um treinamento que envolveu os principais conceitos da metodologia kaizen e alguns dos elementos da manufatura enxuta que poderiam ser utilizados durante os trabalhos.

Este treinamento enfatizou a importância do foco da equipe na missão a ser cumprida nesse evento e para a empresa, no período de tempo designado (cinco dias), com dedicação exclusiva a esta tarefa, ou seja, os membros foram excluídos das tarefas que operavam rotineiramente.

Enfatizou-se a utilização desta estratégia centralizada em times de implementação de *kaizens*, mas preocupou-se com uma formal comunicação do processo a todos os membros da organização (gerência, área administrativa e demais setores fabris). Ou seja, o processo envolvia (direta e/ou indiretamente) vários níveis hierárquicos da organização, uma vez que o time de kaizen passou a ter prioridade no uso de recursos da fábrica (toda linha de produção SMT), e na coleta de informações, sempre que necessário.

A seguir será mostrada na figura 33 a equipe denominada “Revolution Team” (nome escolhido pela equipe) selecionada para realização do evento kaizen.



Figura 33 – Revolution “Team” Evento Kaizen. Fonte: Autor

No período de planejamento, foram definidos os objetivos principais do time, que foram treinamento no pensamento enxuto, desenhar o mapa do fluxo de valor, operações padronizadas e ferramentas para eliminação ou redução de desperdícios.

Durante este período também foi feito um breve levantamento (a curto e médio prazo) da situação atual do setor, bem como a divisão das tarefas entre os membros da equipe e a definição formal do cronograma para os próximos seis meses de atividades, após implementação dos primeiros eventos kaizen, de acordo com as metas da companhia.

Abaixo temos a tabela 4 que exemplifica o cronograma:

Tabela 4

Cronograma do evento kaizen – (próximos seis meses)

DATE	09-Mar-07	KAIZEN PLAN								BUM	WCmgr
WORKCELL	PHILIPS CD										
FAMILIA/MOD	Plasma / LCD										
BUM / WCMgr											
PROJECT	OBJECTIVE	METRIC	LEAN TOOL	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AGO	LEADER	DATE
SMED	Productivity by Change over reduction	Setup time / Productivity rate per hour	SMED							CARLOS	07-Mar
Optimization of manual assembly line	Improve Productivity and reduce cost	Productivity per operator	STD OPERATION AND MANUFACTURING CELLS								
Kanban implementation	Improve productivity and capacity	Productivity									
Materials supply improvement (Warehouse)	Improve the total Lead Time										
Setup time reduction for the entire line	Reduction of setup time and visual factory										

Fonte: Autor

As ações do kaizen (períodos seguintes) envolveram os seguintes aspectos:

Criar o Mapa do Fluxo de Valor Estado atual:

- Identificar a cadeia do valor e torná-la do conhecimento de todos;
- Identificar o tipo de desperdício e suas fontes;

Do ponto do VSM, existem 2 tipos de fluxo para ambientes de manufatura:

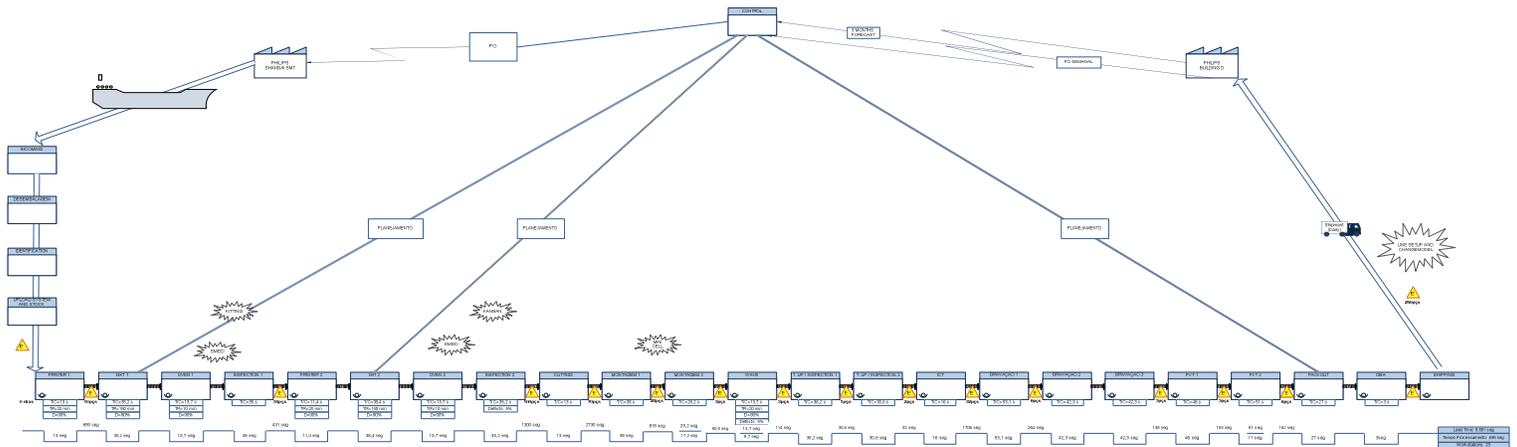
- Fluxo de Materiais
- Fluxo de Informação

Benefícios do Mapeamento do Fluxo de Valor:

- Foco no fluxo de valor do produto da matéria prima até as mãos do cliente.
- Visualizar o fluxo da manufatura.
- Identificar os desperdícios do sistema de manufatura.
- Juntar todos os processos de manufatura.
- Criar uma estrutura de trabalho para projetar o sistema completo.
- Visualizar a interação entre a informação e o fluxo de material.
- Fornecer um método para discutir como operações funcionam e como elas deveriam funcionar.

Em seguida, foi utilizada a ferramenta do Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM), para identificar de forma visual os desperdícios na cadeia de valor, conforme mostrado na Figura 34.

MAPA DO FLUXO DE VALOR: ESTADO ATUAL



DEMANDA DO CLIENTE

14.300 pçs/mês

Tempo Takt: 82,6 segundos

Familia de Modelo: Plasma 26/32/37/42

Lead Time: 8.581 seg
Tempo Processamento: 635 seg
Workstations: 23

Figura 34 – Mapa do Estado Atual (VSM 1). Fonte: Autor

Com base na metodologia de definição do mapeamento do fluxo de valor descrito no Capítulo 2 e análise do mapa do estado atual (VSM 1), é possível verificar e listar as seguintes características do processo de produção:

- Produção empurrada: cada etapa do processo produzia para estoque, sem considerar a quantidade de peças existente;
- Caixa de dados localizada abaixo de cada uma das etapas do processamento, evidenciam seus respectivos tempos de ciclo de processamento, correspondente à análise do lote unitário de peças;

- Abaixo das caixas de dados, existem duas “réguas”: a superior refere-se ao tempo *lead time*, o qual considera todos os tipos de esperas e processamento das peças, enquanto que a “régua inferior” corresponde ao tempo de ciclo de cada uma das etapas do processo produtivo;

- Lead time elevado, de 2,38 dias (8.581segundos): considerando todas as esperas, para produção de uma unidade;

- Perdas em torno de 2.5 horas de parada de linha SMT durante os set-ups;

- Vinte de três estações de trabalho ao longo do processo;

Portanto o Mapeamento do Fluxo de Valor, para um estado atual segue as ações de melhorias, descritas abaixo.

Organização da área de trabalho: envolveu a identificação dos itens utilizados, a separação destes itens e a definição dos locais de armazenamento dos mesmos. Foram construídos e implantados quadros de controles para os diversos postos de trabalho, além da preparação para demarcação das áreas de trabalho, conforme mostra as figuras 35 e 36.



Figura 35 – Revolution Team Evento Kaizen (Organização 1). Fonte: Autor

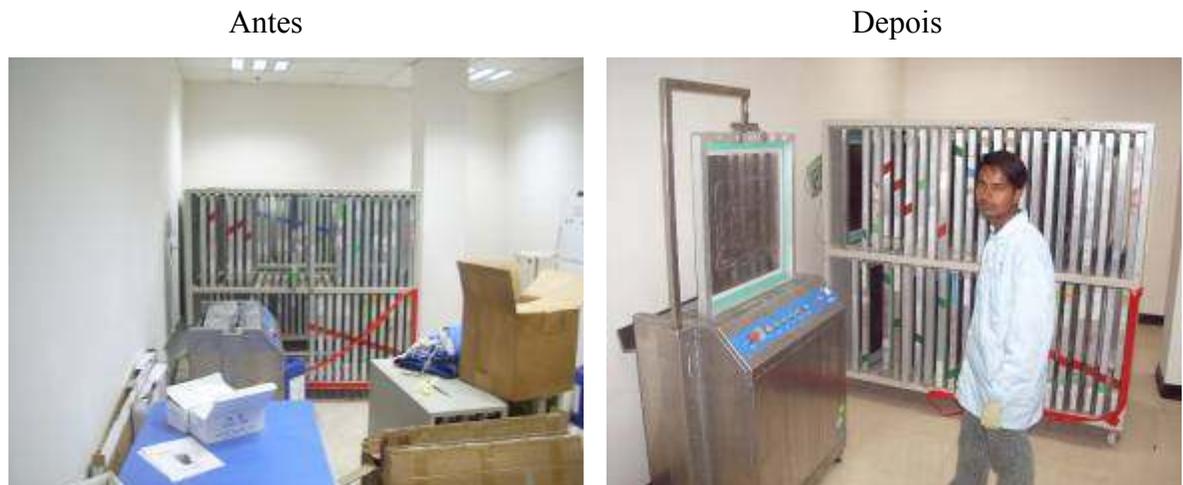


Figura 36 – Revolution Team Evento Kaizen (Organização 2). Fonte: Autor

Padronização de Atividades e Processos: foram observadas as atividades que faziam parte principal do processo de mudança de set-up, em seguida estas atividades foram identificados cada estágio das atividades distribuídas e balanceadas entre os postos de trabalho (definidos em linha). Com isso podemos saber pontos importantes de padronização conforme o (*SMEDI*)⁷. Esta padronização foi formalizada, documentada e colocada de forma escrita e esquematizada na área de montagem.

⁷Fonte: **SMED (Single Minute Exchange of Dies – Matriz de Troca Rápida)** – SMED é uma técnica de redução de Change Over .(http://www.leanmanufacturingconcepts.com/LeanTool_SMED.htm)

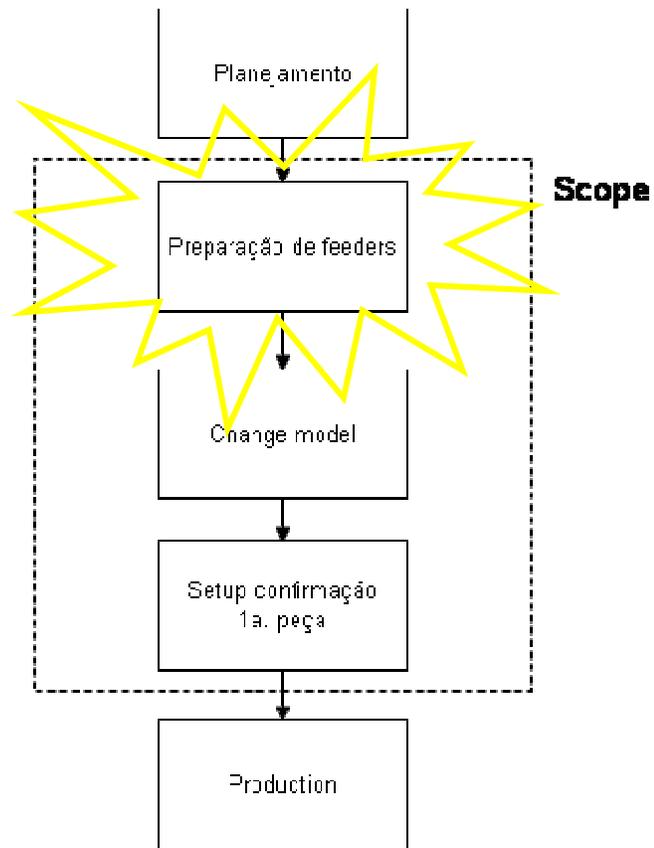


Figura 37 – Fluxo de Processo Total (SMED 1)

Fonte: Autor

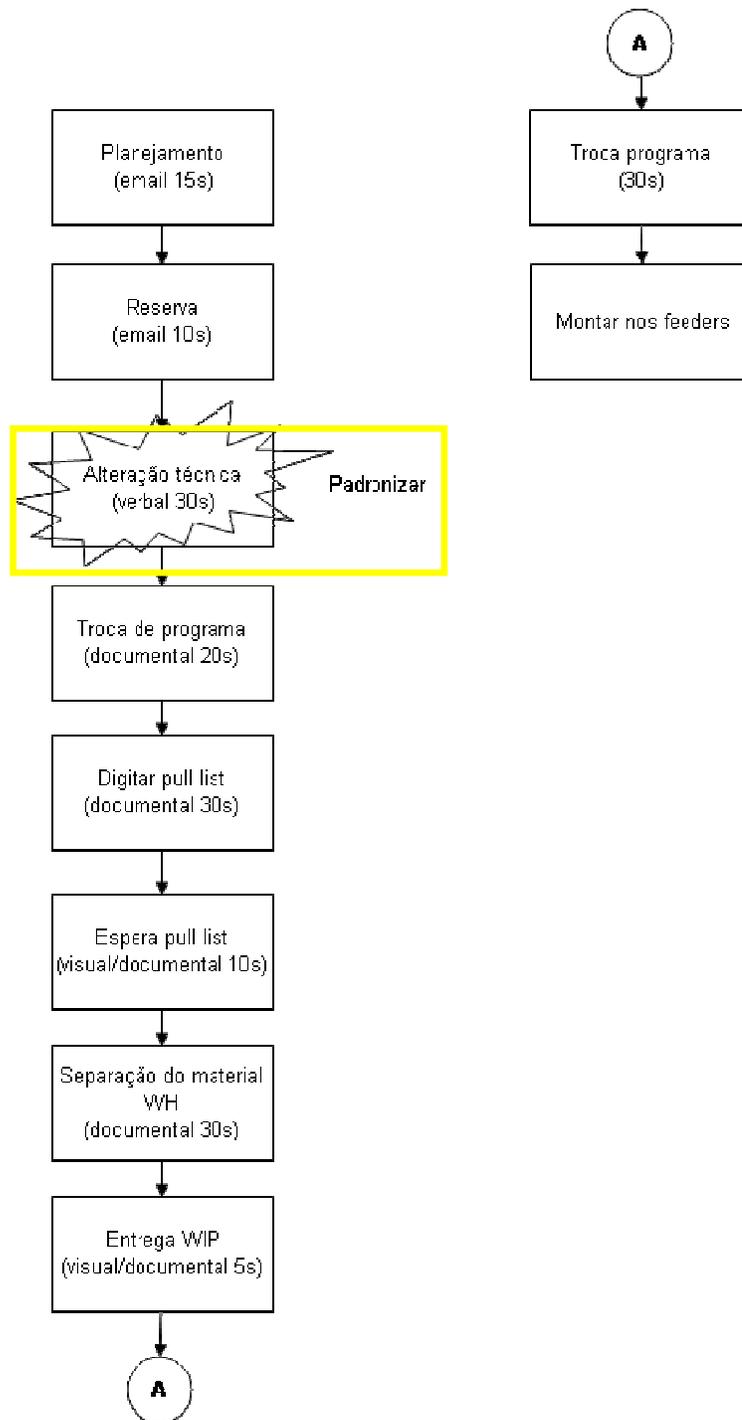


Figura 38 – Fluxo de Informação (SMED 2).

Fonte: Autor

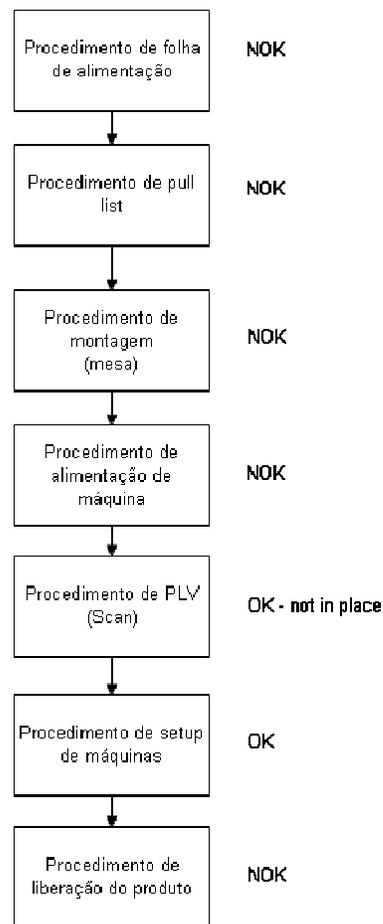


Figura 39 – Fluxo de Documentação (SMED 3). Fonte: Autor

Após essa verificação foi detectada a necessidade da criação de um painel visual (*Andon*)⁸ para melhorar a comunicação entre as áreas durante as mudanças de set-ups. Também se detectou que na preparação de feeders, os carrinhos estavam confusos e precisariam de um trabalho de melhoria.

⁸ Fonte: Andon é outro instrumento de viabilização do “ohnismo”. Possibilita total do processo de produção, necessária para a visibilidade total do processo de produção, necessária para a administração pelo olhar, permitindo à chefia, simultaneamente, o acesso a todas as informações sobre o desenrolar da produção e o controle sobre os trabalhadores. Serve para localizar os estoques dos produtos em curso de fabricação e o aumento ou diminuição da cadência da linha de produção. O *andon* consiste numa espécie de semáforo, colocado acima da linha de montagem, sinalizando o desenrolar da produção. Se o sinal estiver com a luz verde tudo está bem. Se a luz for alaranjada, os operadores precisam de ajuda. Se a luz for vermelha, é preciso parar a linha para fazer ajustes. (Coriat, 1994:71)

Esse painel ficou denominado como: Painel de Set-up programado, conforme mostrado nas figuras 40, 41, 42 e 43.



Figura 40 – Set-up Programado (Situação Antes). Fonte: Autor

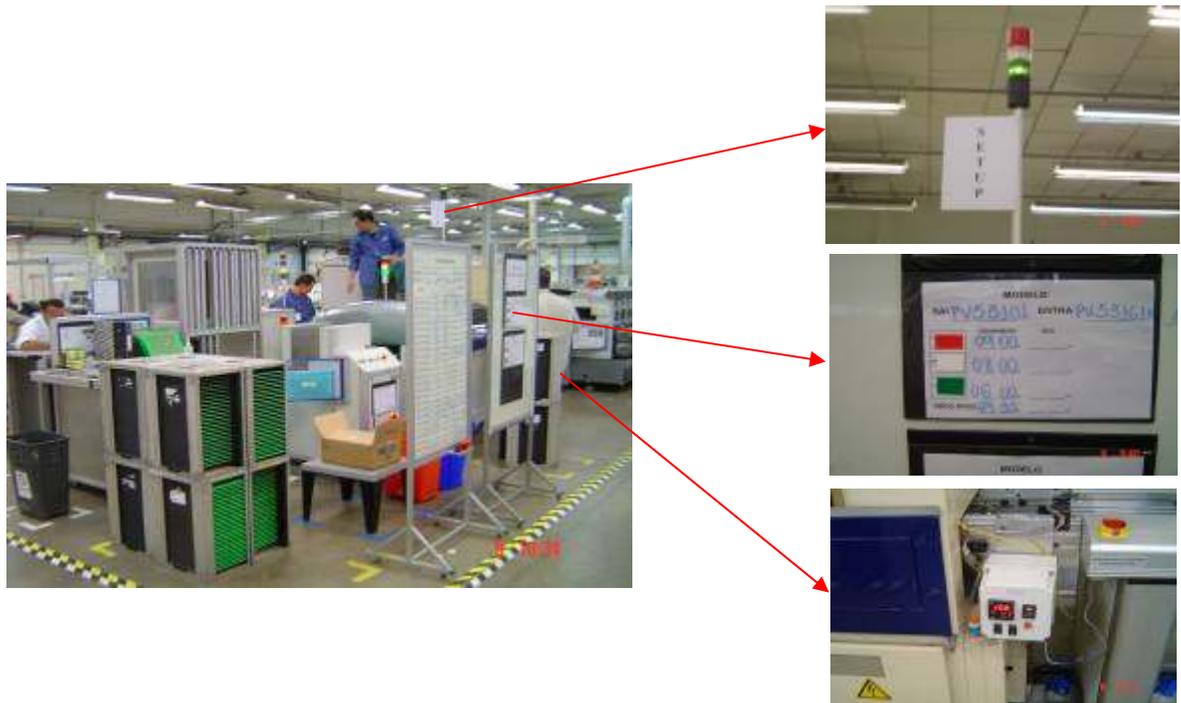


Figura 41 – Set-up Programado (Situação Depois). Fonte: Autor

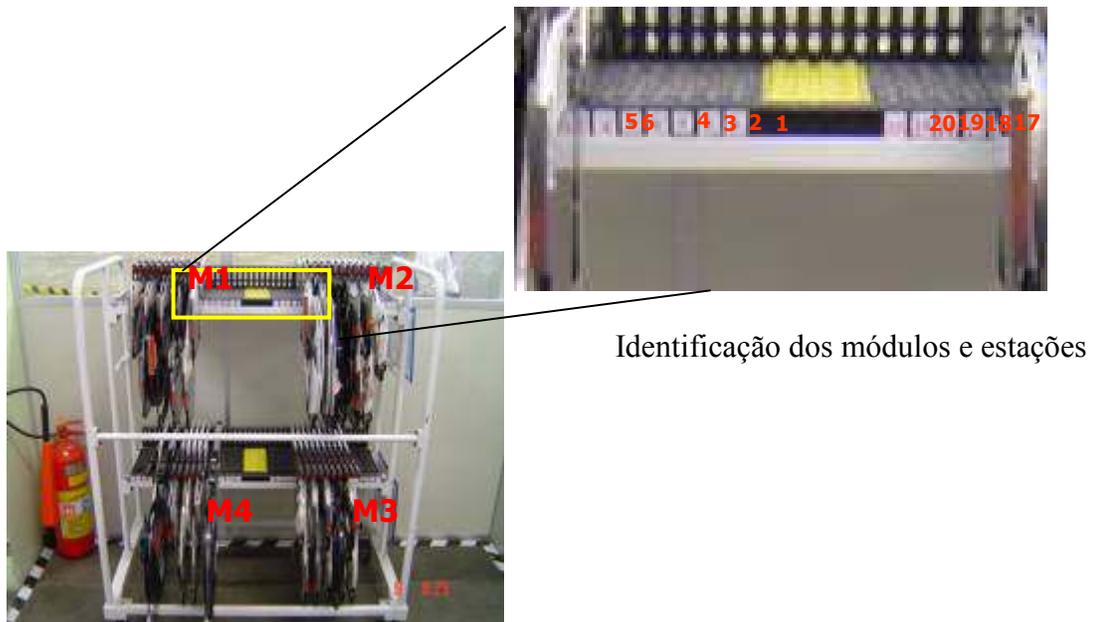


Figura 42 – Melhoria da identificação do Feeders (Situação Depois 1). Fonte: Autor



Figura 43 – Melhoria da identificação do Feeders (Situação Depois 2). Fonte: Autor

Movimentação de Operadores: a movimentação dos operadores (que é uma das categorias de desperdícios) durante o processo de montagem foi analisada. Isto foi feito considerando-se as métricas de quantidade de movimentações realizadas, passos e distância percorrida. O apontamento deste aspecto auxiliou na formulação no novo layout quanto ao local

de armazenamento dos itens requeridos para a montagem, bem como o posicionamento dos postos de trabalho na linha;

Como resultado desta análise e das melhorias implantadas, a quantidade de movimentação, determinada pela necessidade de saída do montador de seu posto. Somente em uma das operações realizadas no processo de troca, foi possível a diminuição do espaço total percorrido pelo operador em 135 metros, conforme tabela 5 abaixo:

Tabela 5
Detalhamento da Redução de Movimentação.

Atividades	Redução (metros)		Redução (minutos)		Total (minutos)
	Antes	Depois	Antes	Depois	
1	35	15	7	2	2
2	315	200	35	10	10
Somatório Tempo (em minuto)			42	12	12

Fonte: Autor

Um gráfico de espaguete (Origem: Wikipédia, a enciclopédia livre), é uma ajuda gráfica utilizada em atividades de manufatura enxuta. Ele é usado para detalhar o fluxo físico real e as distâncias envolvidas em um processo de trabalho. Processos que não foram simplificados, são freqüentemente mal definidos com o trabalho/produto, tendo um caminho através da área de trabalho que se parece com uma massa de espaguete.

Para criar um gráfico spaghetti você primeiro criar um mapa de escala de uma estação de trabalho ou processo de trabalho. O próximo passo é desenhar uma linha desde o ponto inicial de trabalho para a próxima etapa, então o terceiro passo, e assim por diante até a saída do trabalho/produto da área de trabalho. Análise deste gráfico resultante irá mostrar onde as melhorias devem ser feitas.

Utilizando a informação fornecida pelo gráfico, é para ser usado para deslocar fisicamente etapas de trabalho/produto. Um layout fim comum resultante da utilização de um gráfico de spaghetti é um “U”.

Detalhes da verificação da redução de movimentação conforme figura 44 a seguir:

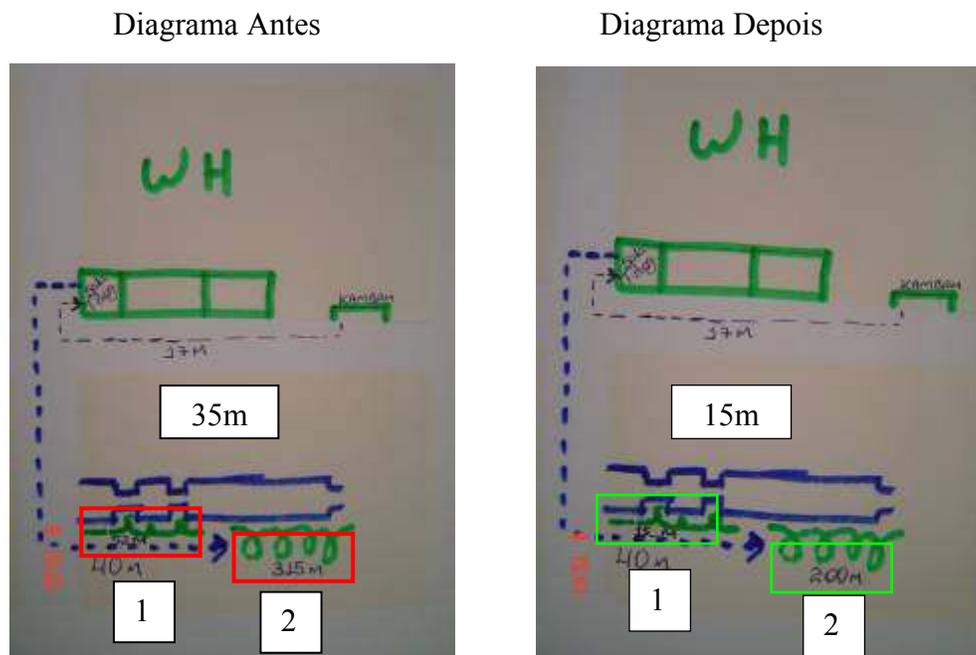


Figura 44 – Melhoria da Movimentação (Mudança de Set-up). Fonte: Autor

Criação do Mapa do Fluxo de Valor Estado Futuro: Verifica-se, portanto, a dispersão de equipamentos e uma falsa linha de produção, que gera desperdícios como movimentação excessiva de material e pessoas, transportes desnecessários, estoques em processo, dentre outros. Seguindo a metodologia do Mapeamento do Fluxo de Valor, a partir do mapa do estado atual foi criado outro mapa (VSM 2) para um estado futuro e ações de implementação de melhorias.

- Fluxo de informação entre os processos de produção;
- Redução do número de estações de trabalho (23 para 17): realocação de operadores entre outros tipos de atividades na empresa;
- Lead time de 0,31 dias (1.138segundos): considerando todas as esperas, para produção de uma unidade;

Os mapas do estado atual e futuro foram apresentados à direção e funcionários da empresa, juntamente com um plano de ação.

No entanto, a aquisição de novas tecnologias pode não ser a solução dos problemas e sim, por exemplo, mudanças quanto à gestão de processos. A aplicação dos conceitos do sistema de Produção Enxuta no processo de produção smt através de eventos kaizen, objetivo de estudo deste trabalho, mostrou avanços significativos, especialmente com a aplicação da metodologia adequada “pesquisa-ação”, onde foi baixar os tempos em set-ups, conforme observado pelos resultados encontrados abaixo.

Before				After			
Process	Total (Sec)	VA (Sec)	% VA	Total (Sec)	VA (Sec)	% VA	
Change Over	5820	2677	46%	2300	1541	67%	
First Article adjustments	2460	0	0%	1200	0	0%	
Inspection first article	180	0	0%	180	0	0%	
TOTAL CHANGE OF MODEL (SEC)	8460	2677.2	46%	3680	1541	67%	
TOTAL CHANGE OF MODEL (MIN)	141	2677.2	46%	61.33333	1541	67%	
TOTAL CHANGE OF MODEL (HR)		2.4		1.0			01:00:00

Figura 46 – Resultado Final 1. Fonte: Autor

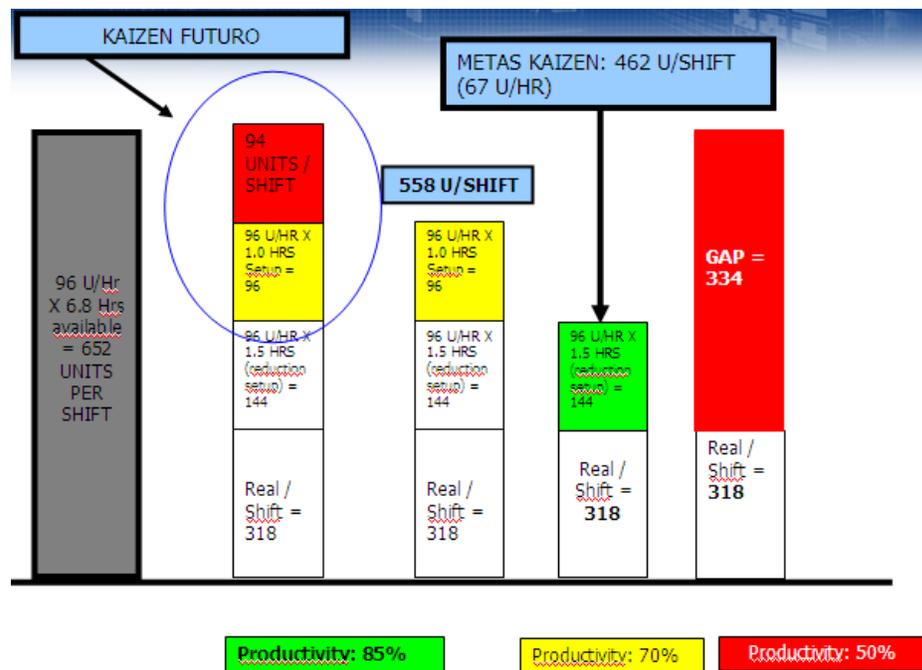


Figura 47– Resultado Final 2. Fonte: Autor

Para entender a figura 47 basta observar a evolução dos números 1, 2 e 3. Isso explica a evolução dos eventos kaizen conforme meta da companhia.

Na condição um: temos 318 peças produzidas real por turno (atual).

Na condição dois: temos o resultado do primeiro kaizen realizado com os resultados das melhorias. Aqui temos contabilizado +144 peças. Os ganhos em setup obtidos gira em torno de 1,5 h, somente aplicando redução de desperdícios.

A condição três é onde ainda podemos chegar num futuro kaizen.

Operation		
Concept	Baseline	Goal Kaizen
Productivity	50%	70%
Change Over Time	2.5 Hrs	1 Hr

Savings			
Concept	Amount	Cost / unit (USD)	Total Savings
Produced units	144	9.61	\$ 1,383.84
Cost of stopped line	1.5	513.3	\$ 770.00
		TOTAL	\$ 2,153.84

Figura 48 – Resultado Final 3. Fonte: Autor

Com as melhorias obtidas podemos contabilizar um lucro total US\$ **2.153,84** aplicando a redução dos desperdícios.

Ainda, enfatizou-se a necessidade de manutenção com relação ao sistema implantado de organização dos itens e padronização das operações de montagem. Mas, ao mesmo tempo, foi estimulada a sensibilização dos operadores quanto à importância do melhoramento contínuo do processo. Ou seja, ainda existiam, certamente, pontos passíveis de melhorias e modificações que poderia ser implantadas pelos próprios operadores.

Na fase de consolidação, preocupou-se com a ancoragem da melhoria por meio de auditorias, na forma de gerenciamento por rondas. Foi desenvolvido um check-list de verificação, que contemplava itens de organização e limpeza da área, o uso de equipamentos individuais de proteção, gestão visual (aplicação e devida atualização dos indicadores) e a programação puxada (correta utilização do sistema *kanban* implantado).

As auditorias passaram a funcionar como uma forma de prevenir retrocessos e manter a melhoria, sendo feitas de forma rotineira pelos operadores, líderes de time, supervisores de linha e gerente da planta.

Ao final do período, foi realizada a apresentação das atividades e resultados obtidos para os principais executivos da empresa (incluindo-se diretores, superintendentes e presidente). Percebemos que esta apresentação promoveu efeitos extremamente benéficos ao time de kaizen (por terem seu trabalho reconhecido e com visibilidade junto à administração).

Além disso, os membros da equipe dos próximos *kaizens* programados também participaram da apresentação como forma de sensibilização inicial e determinação de padrões de comportamento e resultados esperados.

A celebração mencionada envolve somente os participantes do kaizen promovido (Time de Kaizen), ocorrendo sempre que o mesmo tenha sucesso e atingido (ou superado) os objetivos iniciais, avaliados durante a apresentação dos resultados e visita ao local da implantação.

Não existe uma obrigatoriedade do tipo de celebração, sendo que o time tem um orçamento definido para utilizar nesta celebração (normalmente um almoço ou *happy-hour*) para comemoração.

É importante enfatizarmos que, desde o início, preocupou-se com a definição de metas que fossem factíveis, mas ao mesmo tempo desafiadoras e agressivas, e que todas as soluções

fossem implantadas com a utilização racional dos recursos disponíveis, sem a necessidade de grandes investimentos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A idéia-chave norteadora do desenvolvimento deste trabalho é mostrar a aplicabilidade de soluções enxutas através de eventos kaizen, como apoio à preparação e redução do set-up em linhas de produção de smt.

A aquisição de novas tecnologias pode não ser a solução dos problemas e sim, por exemplo, mudanças quanto à gestão de processos.

A aplicação dos conceitos do sistema de Produção Enxuta- (SPE) no processo de produção de manufatura eletrônica, objeto de estudo deste trabalho, alinha a estratégia de metodologia pesquisa-ação, mostrou avanços significativos, onde foi possível atingir índices satisfatórios de melhoria da produtividade, observados pelos resultados encontrados.

O controle das etapas do processo produtivo, materiais e produtos, o treinamento e a qualificação da mão-de-obra, é alguns dos objetivos de empresas que utilizam o SPE como estratégia competitiva, buscando de maneira eficiente diminuir seus desperdícios.

Para o caso do *set-up*, como afirma Rowland (2003), uma atividade de preparação executada de forma rápida e confiável será imprescindível para as empresas. Para o autor, isso será impossível caso não seja observado o senso de urgência requerido pela atividade. As equipes de preparação e troca de *set-up* devem ser altamente motivadas para a execução da atividade no menor tempo possível.

Para a obtenção de resultados competitivos nestas atividades, destacam-se ainda alguns pontos a serem considerados:

- A necessidade de estabelecer e disseminar o senso de urgência na preparação e troca de *set-up* aos integrantes das mesmas;
- Procurar adiantar o máximo de etapas possíveis para o próximo lote a ser montado;
- Agrupar os *set-ups* em famílias, buscando que um único *set-up* atenda a vários produtos;
- Criar, disponibilizar e atualizar as documentações dos processos, contendo as instruções necessárias para cada etapa da manufatura;
- Utilizar elementos visuais que facilitem a identificação de alimentadores, equipamentos, carrinhos, prioridades de lotes;

- Garantir que os programas que serão submetidos para montagem dos lotes subseqüentes estejam estáveis quanto a erros, otimizações necessárias, componentes e alimentadores requeridos;
- Estabelecer manutenções preventivas e corretivas para os alimentadores, equipamentos de composição, carrinhos, etc;
- Possuir alimentadores e demais equipamentos de contingência para atendimento de quebras e demandas imprevistas.

Neste contexto, as implantações e eventos kaizen nos quais foi realizada esta pesquisa, diretores e gerentes têm percebido o grande desperdício de talentos e idéias, que agora encontram espaço para serem colocados em prática.

Para conseguir chegar num padrão das atividades, foi necessário estudar toda a cadeia produtiva identificando em cada etapa do processo os desperdícios denominado “*mudas*”, para isso, foi criado o VSM 1, para identificar o estado atual do processo.

Mudanças ocorreram (trabalhos padronizados, controles visuais, diminuição das mudas) e favoreceram todas as etapas do processo de produção de, facilitando o fluxo de pessoas e materiais entre as etapas.

O armazenamento dos componentes na sala de feeders da produção consistiu na melhor solução para a criação, por exemplo, de áreas identificadas e sinalizadas entre as etapas do processo, favorecendo o controle visual do “alimentador de linha”.

Por meio dessas modificações, foi possível reduzir 2,5 horas para 1 hora à mudança de set-up na linha de, uma vez que as etapas encontravam-se sem padronização, seqüência e o processo não estava livre de interrupções.

Entende-se, que o processo mesmo trabalhando no Mapa do Estado Futuro, ainda precisa de novas ações que venham melhorar outros pontos dentro da linha de produção como utilização do gerenciamento visual, multi-funcionalidade e fornecimento JIT.

Observa-se também, que além da produtividade, é possível reduzir os riscos de acidente no trabalho com adoção de políticas que contemple a qualidade de vida dos colaboradores no ambiente fabril, utilizando palestras, ginástica laboral, entre outras ações.

No seguimento do projeto de melhoria da empresa, como sugestões à empresa, ficaram a responsabilidade do acompanhamento da efetivação das ações de melhoria, bem como a padronização das atividades no chão-de-fábrica

Portanto, o processo de criação do sistema enxuto é uma forma eficaz para melhorar o desempenho organizacional, aliviar a carga de trabalho dos operadores, eliminar os desperdícios e acima de tudo reduzir os custos operacionais.

Como recomendação para trabalhos futuros, é interessante a aplicação do Lean Office para que o escritório entenda o processo de produção da fábrica e contribua com as práticas de melhoria estendida, cujos objetivos principais são: suprir de recursos a linha de produção, facilitar os cálculos dos custos operacionais e conseqüentemente a adoção de preço de venda mais competitivo no mercado.

REFERÊNCIAS

AJAY J., NEVILLE L.; **A modular, parametric vibratory feeder: A case study for flexible assembly tools for mass customization** ; Periódico IEEE Transactions. ; Oct 1998. Vol. 30, Num. 10; pg. 923, 9 pgs.

ADLER, P. S. GOLDOFTAS, B. LEVINE, D. I. Flexibility versus efficiency? A case study of model changeovers in the Toyota Production System. Organization Science, v.10, n.1, 1999.

ARAÚJO, C. A. C. **Desenvolvimento e aplicação de um Método de Implementação de Sistemas de Produção Enxuta utilizando os processos de raciocínio da Teoria das Restrições e o Mapeamento do Fluxo de Valor.** Dissertação de mestrado. EESC – USP, 2004.

ASSEMBLEON; **Factory Integration.** Disponível em <https://www.assembleon.com/solutions/05factory-integration/> Acessado em: Março 2010.

ASSEMBLEON; **Output & efficiency.** Disponível em <https://www.assembleon.com/solutions/Output-efficiency/> Acessado em: Março 2010.

ASSEMBLEON; **Process Improvements.** Disponível em <https://www.assembleon.com/solutions/process-improvements/> Acessado em: Março 2010.

BENTZEN, B. S.; **SMD placement.** Disponível em http://www.smtinfocus.com/processguide_placement.html. Acessado em: Janeiro, 2004.

BLACKWELL, G. R.; **Integrated Design Using SMT.** ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference. Session 13d6, San Juan, Puerto Rico, 1999.

BOCKERSTETTE, J. A. ; MOURA, R. A.; **Guia para redução do tempo de ciclo.** Instituto IMAM, São Paulo, 1995.

BORNIA, A. C. Análise gerencial de custos em empresas modernas. Porto Alegre: Boockman, 2002.

BROCHOSKI, P.; CANDIDO, M. A. B.; **Sistema para programação da produção com capacidade finita em máquinas SMT**. Dissertação (Mestrado em Informática). Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 1999.

BRYMAN, A.; **Research Methods and Organization Studies**. Unwin Hyman, London, 1989.

CALADO, R. D. Aplicação de conceitos da manufatura enxuta no processo de injeção e tampografia de peças plásticas. Campinas, 2006 (Dissertação de Mestrado Universidade Estadual de Campinas) 119p.

CAVINATO, J.L. (1991). Evolving procurement organizations: logistics implications. *Journal of Business Logistics*, 13(1), 27-45. Center for Advanced Purchasing Studies (1999). *Purchasing Performance Benchmarks for State/County Governments*. Tempe, AZ.

CARTAXO, E. As 4 regras da Excelência do TPS (Toyota Production System). Interpretação do artigo Decodificando o DNA da Toyota. Harvard Business Review, 2000.

COHEN, L.; MANION, L. *Research methods in education*. 4. ed. New York: Routledge, 2000.

CORREA H. L., GIANESI G. N. Just in Time, MRPII e OPT: um enfoque estratégico. 2ª edição São Paulo, 1996.

DA SILVA, K.; DE SAMPAIO, R. J. B.; **Uma abordagem híbrida para formação de grupos e balanceamento de linhas de montagem SMT**. Dissertação (Mestrado em Informática). Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2002.

DAVIS, M.M. AQUILANO, N.J. CHASE, R.B. Fundamentos da administração da produção. 3ª edição. Porto Alegre, RS. 2003.

DICKENS, L. WATKINS, K. Action research: rethinking lewin management learning. Thousand Oaks, Geographic Names – US, 1999.

DOLCEMASCOLO, D. Implementing Continuous Flow Cells. March, 2005. In: www.emsstrategies.com Acesso em Março de 2010.

DYER, J. H. HATCH, N. W. A Toyota e as redes de aprendizado. HS Management, nº27, p.164-170. Utha – US, 2004.

ELBEST R.; **Componentes SMD - Tecnologia de montagem de componentes em superfície.** Disponível em <http://geocities.yahoo.com.br/elbestbr/smd.htm>. Acessado em: Fevereiro, 2004.

ENGEL, G. I. Pesquisa-ação. Revista Educar, nº 16, p.181-191. Curitiba – PR, 2000.

FACHIN, Odília. *Fundamentos de Metodologia*. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

FORMOSO, C. T.; LANTELME, E.M.V. A performance measurement system for construction companies in Brazil. International Project Management Journal, Vol. 6, n. 3, p. 54-60, 2000.

FUJIMOTO, T. The evolution of a manufacturing system at Toyota. Oxford University Press, New York, 1999.

FUJIMOTO, T. TAKEISHI, A. Automobiles: strategy-based lean production system. Cirje Discussion Paper, Tokyo University, v.1, 6-19, 2001.

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

GHINATO, P.; **Sistema Toyota de Produção: mais do que simplesmente justin- time**. Editora EDUCS, Caxias do Sul, 1996.

GOUBERGEN, D. V.; LANDEGHEM, H. V.; **An Integrated Methodology for More Effective Set-up Reduction**. IEEE Solutions 2001 Conference, Dallas, May, 2001.

GOUNET, T. **Fordismo e toyotismo na civilização do automóvel**. São Paulo: Bom tempo, 1999.

HINES, P. & TAYLOR, D. **Going Lean. Lean Enterprise Research Centre Text Matters**. New York, 2000.

HOLANDA, V. B., RICCIO, E. L. A utilização da pesquisa-ação para perceber e implementar sistemas de informações empresariais 2002.

HYER, N.L.; BROWN, K.A. The discipline of real cells. *Journal of operations management*, v. 17, p. 557- 574, 1999.

JAIN, S., JOHNSON M. E., SAFAI F; **Implementing Setup Optimization on the Shop Floor**, *Operations Research*, 44, 6, 843-851.

JONES, D. WOMACK, J. Enxergando o todo: mapeando o fluxo de valor estendido. São Paulo – SP. 2004.

KERN, A.P. **Proposta de um modelo de planejamento e controle de custos de empreendimentos de construção**. 2005.

KISHIDA, M. SILVA, A.H. GUERRA, E. Benefícios da implementação do trabalho padronizado, 2007. Lean Institute Brasil. In: www.lean.org.br Acesso em Dezembro de 2009.

KÖCHE, J. C. **Fundamentos de metodologia científica: teoria da ciência e prática da pesquisa**. 15. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1997.

LAKATOS, E. M., MARCONI, M. A. Fundamentos da metodologia científica. 3 ed. rev. ampl. São Paulo. Atlas. 1995. 214 p.

LEITE, W. R. Sistema de Administração da Produção Just in Time (JIT). Belo Horizonte, 2006 (Monografia de Especialização – Instituto de Educação Tecnológica Continuada).

LIMA, A. C. Práticas do pensamento enxuto em ambientes administrativos: aplicação na divisão de suprimentos de um hospital público. Campinas, 2007 (Tese de Doutorado - Universidade Estadual de Campinas) 201p.

LIKER, J. K. O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Porto Alegre: Bookman, 2005.

LIKER, J.K. MEIER, D. O modelo Toyota: manual de aplicação. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LOPEZ, C. F. **Desdobrando a Estratégia em sua Organização**. Disponível em <<http://www.lean.org.br>> Acesso em Maio 2010.

MAIA, M.F. BARBOSA, W.M. Estudo da utilização da ferramenta mapeamento do fluxo de valor (MVF) para eliminação dos desperdícios da produção. Viçosa, 2006 (Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade federal de Viçosa) 22p.

MAGAZINE M. J. , POLAK G. G; **Job Release Policy and Printed Circuit Board Assembly**. Department of QAOM, University of Cincinnati, Cincinnati, Ohio, 2002.

MAGNELL, M. ;**Speeding Equipment Changeovers and Setups**. Department SMT – The Magazine for Electronics Assembly, MA; USA, July, 2002.

MARTINS, Dileta Silveira. Português Instrumental. 17a ed, Porto alegre,Prodil/Sagra, 1999.

MAY, M. E. Toyota: a fórmula da inovação. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

MELO, M.B. RODRIGUES, J.S. Modelo estruturado para a implementação do lean production. Rio de Janeiro, RJ. 2003.

MCDONALD, T; VAN AKEN, E. M. ; RENTES, A. F. (2003) – Utilizing Simulation to Enhance Value Stream Mapping: A Manufacturing Case Application. Under Review.

McINTOSH, R. I.; CULLEY, S. J.; MILEHAM, A. R.; OWEN, G. W.; REIK, M. **Design for Changeover**: enabling the design of highly flexible, highly responsible manufacturing process, International Mass Customization Meeting (IMCM' 05) Concepts – tools – realization Klagenfur Austria, 2005.

MONTEIRO, S. B. SERRÃO, M. I. B. ISHIHARA, C. A. SILVÉRIO, M. S. ARAÚJO, M. I. O. GOMES, M. O. Considerações críticas sobre a concepção de pesquisa-ação em Joe Kincheloe. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2001.

MOURA, R. A.; BANZATO, E.; **JIT - Jeito Inteligente de Trabalhar**. Instituto IMAM, São Paulo, 1994.

MOURA, R.; **KANBAN – A Simplicidade do Controle da Produção**. Instituto IMAM, São Paulo, 1999.

MOURA, R. A.; BANZATO, E.; **Redução do tempo de setup**. Instituto IMAM, São Paulo, 1996.

NATIONAL SEMICONDUCTOR; **Mounting of Surface Mount Components**. Disponível em http://www.national.com/ms/MO/MOUNTING_OF_SURFACE_MOUNT_COMPONENTS-MISC.pdf Acessado em: Janeiro, 2004.

- ODERICH, C.L.; TECHEMAYER, C.A.; Toyotismo, Fordismo e Volvismo. Revista de Ciência e Tecnologia, v.11, n31, p.13-21, Fevereiro, 2008.
- OHNO, T.; **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Editora Bookman, Porto Alegre, 1997.
- OUCHI, W. G. Japanese-style partnerships : giving companies a competitive edge. **Sloan Management Review**, p. 51-63, Fall 1993.
- PANTALEÃO, L. H. ANTUNES JR, J. A. V. Avaliação da aprendizagem organizacional a respeito do sistema Toyota de produção / lean production system: uma proposição metodológica. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Ouro Preto – MG, 2003.
- PEDERSEN K. B. E JACOBSEN T. **Produção Lean no Correio Dinamarquês SA**. Disponível em <<http://www.lean.org.br>> Acesso em Maio 2010.
- PEREIRA, M. PIRES, S.R.I. Implantação do sistema kanban em uma empresa fabricante de armações de óculos. Revista de Ciência e Tecnologia, v.8, nº18, p.21-29, Dezembro, 2001.
- PORTER, M. E. (1999). *Competição – Estratégias Competitivas Essenciais*. 6º. Edição. São Paulo, Editora Campus Ltda. **SENGE, P. M.** *A Quinta disciplina: arte e prática da organização que aprende*. 16 ed. São Paulo: Editora Nova Cultural, 2004.
- PRASAD, RAY P.; **Mass Rework? Automated? You must be kidding!**. SMT – The Magazine for Electronics Assembly, MA; USA, October, 2001.
- RODRIGUES, I. A. Implementação de técnicas da produção enxuta numa empresa de manufatura contratada do setor eletroeletrônico. Belo Horizonte, 2006 (Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Minas Gerais) 111p.

REIS, T.; PCCHI, F. A. Aplicação da mentalidade enxuta ao fluxo de negócios na construção civil. III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção – SIBRAGEC. Universidade Federal de São Carlos, SP, 2003.

ROTHER, M. HARRIS, R. Criando Fluxo Contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção. The Lean Institute Brasil, São Paulo, 2002.

ROTHER, M. & SHOOK, J. 1999. **Aprendendo a enxergar**. Disponível em <<http://www.lean.org.br>> Acesso em Maio 2010.

ROTHER, M. SHOOK, J. **Aprendendo a Enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício – manual de trabalho de uma ferramenta enxuta**. The Lean Institute Brasil, São Paulo, 1999.

SADIQ, M.; LANDERS T. L.; **Decision Support System for Intelligent Parts/Slot Assignment on a SMT Placement Machine**. Computers & Industrial Engineering, 21,1-4, 565-574, 1991

SANTOS, Antonio Raimundo dos. Metodologia científica: a construção do conhecimentos. 5. Ed. Rio de Janeiro: 2002.

SANTOS, A.R.; PACHECO, F.F.; PEREIRA, H.J.; BASTOS JÚNIOR, P. Gestão do conhecimento como modelo empresarial, 2007.

SHINGO, S.; **Sistema de Produção com Estoque Zero: O Sistema Shingo para Melhorias Contínuas**. Editora Bookman, Porto Alegre, 1996.

SHINGO, S.; **Sistema de Troca Rápida de Ferramenta. Uma revolução nos sistemas produtivos**. Editora Bookman, Porto Alegre, 2000.

SHOOK, J. **Os cinco elementos faltantes no seu trabalho padronizado**. Disponível em <<http://www.lean.org.br>> Acesso em Maio 2010

SOMMER, R. AMICK, T. Pesquisa-ação: ligando pesquisa à mudança organizacional. Planejamento de pesquisa nas ciências sociais, nº4. Brasília, DF: UNB, Laboratório de Psicologia Social, 2003.

SPEAR, S. BOWEN, K. **Decoding the DNA of the Toyota Production System**. Harvard Business Review, 1999.

SMTNET.; **SMD placement**. Disponível em http://www.smtnet.com/mart/index.cfm?fuseaction=browse_mart&category=28 Acessado em: Maio, 2010.

SMEDS, R. **Managing Change towards Lean Enterprises**. International Journal of Operations & Production Management, v.14, n.3 p. 66-82. University Press, 1994.

SURFACE MOUNT TECHNOLOGY ASSOCIATION - SMTA; **Surface Mount Technology. A Historical Perspective**; Disponível em http://www.smta.org/files/history_of_smt.pdf. Acessado em: Janeiro 2004.

TAKEUCHI, N. E. **Logística Lean**. Disponível em <http://www.lean.org.br> Acesso em Maio 2010.

TAPPING, D; LUYSTER, T. & SHUKER, T. **Value Stream Management: eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements**. Productivity Press. New York, 2002.

TOGNETI, M. A. R. Metodologia da pesquisa científica. São Paulo: IFSC, 2006. 37 dispositivos, color.

THIOLLENT, M. Pesquisa-ação nas organizações. São Paulo: Atlas São Paulo: Atlas, 1997.

UPTON, D., M. **Flexibility as process mobility: the management of plant capabilities for quick response manufacturing - Journal of Operations Management**. Vol. 12, pp. 205-224, 1995.

VERGARA, Sylvia Constant. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 5.ed. São Paulo: Ed. Atlas, 2004.

WOMACK, J. 2007. **O problema com o trabalho criativo e o gerenciamento criativo**. Disponível em <<http://www.lean.org.br>> Acesso em Janeiro 2010.

WOMACK, J. P; JONES, D. T. & ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Campus. 5a Edição. Rio de Janeiro, 1992.

WOMACK, J. P. & JONES, D. T. **A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza**. 4a Edição. Rio de Janeiro, 1998.

YIN, Robert K. *Estudo de caso – planejamento e métodos*. (2Ed.). Porto Alegre: Bookman. 2001.