

Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção  
e Sistemas (PPGEPS)

## Dissertação de Mestrado

Curitiba, Agosto de 2005.  
Mestrando: Gerson Lidak  
Orientador: Marcelo Giroto Rebelato

# Controle de Qualidade e a Redução do Tempo de *Set-up* em Linhas de Montagens SMT

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná sob orientação do Professor Marcelo Giroto Rebelato, como requisito para obtenção do grau de Mestre.

Curitiba, Agosto de 2005

GERSON LIDAK

Controle de Qualidade e a Redução do Tempo de *Set-up* em  
Linhas de Montagens SMT

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, autor da vida, aquele que como um pai acompanha-nos passo a passo, e em Jesus Cristo seu Filho nos conduz em triunfo e proteção.

A minha esposa Kátia, pela compreensão e apoio em todos os momentos necessários. Agradeço por sua dedicação e amor. Ao meu filho Davi que neste período ficou muitas vezes sem a minha presença. Obrigado filho!.

Aos meus pais, Leard e Lurdes, pelo amor, cuidado e incentivo indispensável a minha formação. Obrigado por investirem em seus filhos deixando muitas vezes de realizar seus próprios sonhos.

Ao Professor Doutor Marcelo Giroto Rebelato pela sua amizade e orientação. Obrigado por compartilhar seus conhecimentos e contagiar-nos a seguir adiante.

Obrigado a todos vocês por me ajudarem a vencer todos os obstáculos encontrados.

## SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	vi
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	vii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	vii
LISTA DE SIGLAS .....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT .....	x
<b>CAPÍTULO 1 - TEMA E CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA .....</b>	<b>1</b>
1.1 <b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.2 <b>CARACTERIZAÇÃO DO TEMA.....</b>	<b>3</b>
1.3 <b>FORMULAÇÃO DO PROBLEMA.....</b>	<b>4</b>
1.4 <b>DECLARAÇÃO DOS OBJETIVOS DA PESQUISA .....</b>	<b>6</b>
1.4.1 <b>OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>6</b>
1.4.2 <b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....</b>	<b>6</b>
1.5 <b>JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO PELO TEMA DA PESQUISA .....</b>	<b>7</b>
1.5.1 <b>JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>7</b>
1.5.2 <b>MOTIVAÇÃO .....</b>	<b>8</b>
1.6 <b>MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>9</b>
1.6.1 <b>MÉTODO.....</b>	<b>9</b>
1.6.2 <b>TIPO DE PESQUISA .....</b>	<b>9</b>
1.6.3 <b>PROPÓSITO DA PESQUISA .....</b>	<b>11</b>
1.6.4 <b>LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO .....</b>	<b>13</b>
1.6.5 <b>COLETA DE DADOS.....</b>	<b>14</b>
1.6.6 <b>DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CASOS .....</b>	<b>15</b>
<b>CAPITULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>16</b>
2.1 <b>SISTEMA DE PRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
2.2 <b>PRODUÇÃO ENXUTA .....</b>	<b>18</b>
2.3 <b>DIFERENÇA ENTRE A PRODUÇÃO CONVENCIONAL E A PRODUÇÃO JIT.....</b>	<b>21</b>
2.3.1 <b>SISTEMA DE PRODUÇÃO CONVENCIONAL .....</b>	<b>21</b>
2.3.2 <b>SISTEMA DE PRODUÇÃO JIT .....</b>	<b>22</b>
2.4 <b>QUALIDADE EM SISTEMAS PRODUTIVOS.....</b>	<b>22</b>
<b>CAPITULO 3 – MANUFATURA SMT .....</b>	<b>27</b>
3.1 <b>CARACTERIZANDO A TECNOLOGIA DE MANUFATURA SMT .....</b>	<b>27</b>
3.2 <b>LINHAS DE MONTAGENS PARA COMPONENTES SMT .....</b>	<b>29</b>
3.2.1 <b>SERIGRAFIA .....</b>	<b>30</b>
3.2.2 <b>SOLDAGEM .....</b>	<b>31</b>
3.2.3 <b>REVISÃO &amp; REPARO .....</b>	<b>31</b>
3.2.4 <b>INSPEÇÃO DE MONTAGEM AUTOMATIZADA .....</b>	<b>32</b>
3.3 <b>EQUIPAMENTOS PARA COMPOSIÇÃO SMT.....</b>	<b>33</b>
<b>CAPITULO 4 – CONTROLE DE QUALIDADE NA PRODUÇÃO SMT .....</b>	<b>40</b>
4.1 <b>QUALIDADE SMT .....</b>	<b>40</b>
4.2 <b>PREPARAÇÃO, TROCA E CONFERENCIA DE SET-UP SMT.....</b>	<b>41</b>
4.3 <b>IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS DO SET-UP SMT.....</b>	<b>45</b>
4.4 <b>PRINCIPAIS FALHAS DE MONTAGEM SMT.....</b>	<b>45</b>
4.5 <b>ERROS DE PREPARAÇÃO DE SET_UP.....</b>	<b>49</b>
<b>CAPITULO 5 – ANÁLISE DE SOLUÇÕES POTENCIAIS PARA CONFERÊNCIA DE SET-UP .....</b>	<b>54</b>
5.1 <b>DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES .....</b>	<b>54</b>
5.2 <b>ALIMENTADORES ESPECIALIZADOS PARA A CONFERÊNCIA DE SET-UP .....</b>	<b>58</b>
5.2.1 <b>VANTAGENS PARA UTILIZAÇÃO .....</b>	<b>59</b>
5.2.2 <b>LIMITAÇÕES PARA UTILIZAÇÃO .....</b>	<b>59</b>
5.3 <b>UTILIZAÇÃO DE REDES LOCAIS WIRELESS PARA A CONFERÊNCIA DE SET-UP .....</b>	<b>60</b>
5.3.1 <b>REDES LOCAIS - CARACTERÍSTICAS .....</b>	<b>61</b>
5.3.2 <b>COMPONENTES PARA REDES WIRELESS.....</b>	<b>62</b>
5.3.3 <b>CUSTO PARA IMPLANTAÇÃO DE REDES WIRELESS.....</b>	<b>66</b>
5.3.4 <b>VANTAGENS PARA UTILIZAÇÃO .....</b>	<b>69</b>
5.3.5 <b>LIMITAÇÕES PARA UTILIZAÇÃO .....</b>	<b>69</b>
5.4 <b>UTILIZANDO LEITORES ÓTICOS PARA A CONFERÊNCIA DE SET-UP .....</b>	<b>70</b>

5.4.1 VANTAGENS PARA UTILIZAÇÃO .....	71
5.4.2 LIMITAÇÕES PARA UTILIZAÇÃO .....	71
<b>CAPITULO 6 – SELEÇÃO DA SOLUÇÃO</b> .....	<b>73</b>
6.1 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO.....	73
<b>CAPITULO 7 – INDICADORES E RESULTADOS ALCANÇADOS</b> .....	<b>79</b>
7.1 INDICADORES UTILIZADOS .....	79
7.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	85
7.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO .....	88
7.4 PROPOSTAS PARA FUTUROS TRABALHOS.....	89
<b>CAPITULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>90</b>
<b>APÊNDICE A - PROTOCOLO DO ESTUDO</b> .....	<b>98</b>
<b>APÊNDICE B - ENTREVISTA PARA PESQUISA</b> .....	<b>101</b>
<b>APÊNDICE C - ENTREVISTA DE ENFOQUE PESSOAL</b> .....	<b>106</b>
<b>APÊNDICE D - CRONOGRAMA DA PESQUISA</b> .....	<b>110</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Comparativo Entre as Abordagens .....	10
Tabela 2: Instrumentos e Abordagens para o Método de Pesquisa.....	11
Tabela 3: Indicativos para a Escolha do Método de Pesquisa.....	12
Tabela 4: Critérios de Desempenho Produtivos .....	26
Tabela 5: Principais Problemas da Etapa de Preparação de <i>set-up</i> .....	51
Tabela 6: Tipos de Erros Humanos e Soluções Propostas.....	52
Tabela 7: Principais Tipos de Sistemas de Informação .....	56
Tabela 8: Conferência de <i>Set-up</i> – Soluções Pesquisadas .....	57
Tabela 9. Custos para Soluções <i>Wireless</i> .....	69
Tabela 10. Pesos e Notas Segundo Critérios de Seleção .....	76

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Rolos de Componentes Posicionados em Alimentadores .....	5
Figura 2: Principais Causas para Revalorização da Manufatura .....	17
Figura 3: Evolução para encapsulamentos de 24 pinos .....	27
Figura 4: Evolução para encapsulamentos de 8 pinos .....	27
Figura 5: Componente SMD – Referência de Tamanho Físico .....	27
Figura 6: Componente SMD – Referência de Tamanho Físico .....	28
Figura 7: Típica Linha de Produção SMT .....	29
Figura 8: Etapas para Montagem SMT .....	30
Figura 9: Serigrafia e Aplicação de Pasta de Solda .....	31
Figura 10: Forno de Refusão .....	31
Figura 11: Posto de Revisão .....	32
Figura 12: Equipamentos AOI .....	32
Figura 13: Exemplo de Máquina de Compôr Componentes SMT .....	33
Figura 14: Cabeçotes de Máquina de Compôr Componentes SMT .....	34
Figura 15: Alimentadores para Composição SMT .....	34
Figura 16: Mesas para Alimentadores .....	35
Figura 17: Fluxograma para Preparação de <i>Set-up</i> .....	43
Figura 18: Etiqueta SMD com <i>Part Number</i> .....	44
Figura 19: Falhas de Serigrafia .....	45
Figura 20: Falhas de Deslocamentos .....	46
Figura 21: Inspeção de Fine-Pitch .....	46
Figura 22: Inspeção de Solda .....	47
Figura 23: Falta de Componentes Durante a Montagem .....	47
Figura 24: Componentes Invertidos .....	47
Figura 25: Alimentador com leitor de códigos de barras embutido .....	59
Figura 26: <i>Kit</i> para Redes Sem Fio .....	63
Figura 27: Interface de Rede PCMCIA .....	63
Figura 28: Interface de Rede “Wireless” Padrão PCI .....	64
Figura 29: Interface de Rede “Wireless” para “ <i>Palmtops</i> ” .....	64
Figura 30: Interface “Access Point” .....	65
Figura 31: Topologia WLAN .....	66
Figura 32: Leitores Óticos Distribuídos na Planta SMT .....	70
Figura 33: Critérios e Pesos Definidos .....	76
Figura 34: Critérios e suas Notas Finais .....	77
Figura 35: Notas Finais das Soluções .....	77

## LISTA DE SIGLAS

AOI	<i>Automated Optical Inspection</i>
AP	<i>Access Point</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Eletronics Engineers</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
LAN	<i>Local Area Network</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i>
PCMCIA	<i>Personal Computer Memory Card international Association</i>
PDA	<i>Personal Digital Assistants</i>
SMD	<i>Surface Mount Device</i>
SMT	<i>Surface Mount Technology</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
THT	<i>Through Hole Technology</i>
WEP	<i>Wired Equivalent Privacy</i>
Wi-Fi	<i>Wireless Fidelity</i>
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>

## RESUMO

A existência de uma forte competição no setor produtivo de manufatura eletrônica tem estimulado as empresas a aprimorar suas tecnologias de maneira a diferenciarem-se de seus competidores. Neste ambiente, o uso da Tecnologia de Montagem em Superfície (SMT) encontra-se em franca expansão para a produção de placas de circuito eletrônico, motivada pelo desejo do aumento da capacidade produtiva e das necessidades de miniaturização de produtos.

Análises realizadas sobre linhas de produção SMT têm demonstrado que a preparação dos equipamentos de composição (*set-up*) freqüentemente são gargalos que precisam ser superados, de modo a alcançar um desempenho mais eficaz da manufatura. Ao contrário da atividade de *set-up*, a produção SMT é totalmente computadorizada levando segundos para ser completada, reproduzindo rapidamente os resultados de suas configurações. Deste modo, melhorar a preparação de *set-up* dos equipamentos de composição SMT será uma condição chave para aumento do fluxo produtivo e da qualidade do processo, como uma condição essencial para garantir rentabilidade em um mercado crítico.

Em direção ao uso elevado das tecnologias SMT, esta dissertação propõe soluções práticas para tratamento de erros de preparação de linhas SMT, descrevendo sua aplicabilidade em companhias de manufatura eletrônica.

**Palavras-Chave:** Produção SMT, Preparação e Verificação de *Set-Up*, Coleta de Dados.

## ABSTRACT

The strong existing competitiveness in the electronic manufacturer sector has stimulated the companies to improve its technology in order to differentiate it selves of its competitors. In this environment, the use of Surface Mount Technology (SMT) meets is in frank expansion to produce printed circuit boards, motivated by a desire for increase machine utilization, and the need for reliability in miniaturized products.

Analyses of SMT assembly line have shown that the automated placement machine *set-up* is often the bottleneck that still needs to be overcome, as a form to achieve a more effective acting. In contrast of the *set-up* activity, the SMT production is totally computerized, taking seconds to be completed, quickly reproducing the results of its configurations. Therefore, improving the placement machine *set-up* is a key issue for increasing SMT production line throughput and process quality, as an essential condition to profitability guarantee in a critical market.

Directing to the high use of the SMT technologies, this dissertation approaches practical solutions for prevent set-ups errors on SMT lines, and describes its applicability in a company of electronic cards manufacture.

**Key-words:** SMT Production, Set-Up Preparation and Verification, Data Collecting

## CAPÍTULO 1 - TEMA E CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

### 1.1 INTRODUÇÃO

A forte responsabilidade na melhoria do desempenho produtivo frente à concorrência, as exigências do mercado e a necessidade da sobrevivência empresarial demonstram o grande desafio da atual fase da industrialização mundial. Para prosperar neste meio, as empresas e seus dirigentes precisam reorganizar estratégias, processos e recursos, para focar diretamente na inovação e em um dos elementos-chave para que ela aconteça: a tecnologia (JONASH e SOMMERLATTE, 1999).

A tecnologia ocupa um papel decisivo na sustentação de diferenciais competitivos para a produção industrial, ao propiciar a redução de custos operacionais, agilizar as operações envolvidas, permitir a redução de erros e, conseqüentemente aumentar o grau de competitividade e lucratividade das empresas (CARDONA, 2003).

O fato é que as sucessivas transformações tecnológicas vieram mudar radicalmente a forma de produção, em virtude do alto grau de automação, sofisticação e capacidade produtiva dos equipamentos utilizados para a produção, bem como das necessidades de adaptação humana e dos processos produtivos frente a estas novas tecnologias. Esta tendência também pode ser observada na produção de dispositivos eletrônicos, na qual os avanços tecnológicos paulatinamente vêm substituindo a montagem de placas eletrônicas utilizando a tecnologia THT (*Through Hole Technology*), por tecnologias mais modernas. Na tecnologia THT, os terminais dos componentes eletrônicos são fixados e soldados em furos existentes sob as placas de circuito impresso (PCI), requerendo uma área significativa para sua montagem. A grande dificuldade para o adensamento do circuito eletrônico, ou seja, a montagem de um maior número de componentes em uma menor área física, tornou frágil a continuidade de utilização da tecnologia THT.

Portanto, as necessidades de dispositivos eletrônicos miniaturizados para diversos segmentos tais como o de telecomunicações, automobilístico, informática e mesmo medicina, impossibilitados de serem produzidos empregando componentes THT em virtude das características físicas e

dimensionais dos componentes, vieram justificar mudanças tecnológicas significativas no que tange a manufatura eletrônica.

Para Brochonski e Candido (1999), a produção de bens eletrônicos impulsionados pelo mercado atual, no qual boa parte das empresas teria seu faturamento advindo de produtos com menos de dois anos de ciclo de vida, vieram a exigir novas abordagens tecnológicas que suportassem a constante evolução requerida para os produtos. Para atendimento destas necessidades, surgiu a tecnologia de montagem de dispositivos eletrônicos em superfície ou “*Surface Mount Technology*” (SMT), introduzida com vistas à miniaturização de produtos, aumento da confiabilidade e qualidade dos produtos eletrônicos, bem como para agilizar a produção de produtos em larga escala, conforme descreve SILVA e SAMPAIO (2002). Na tecnologia SMT não há necessidade de furos nas placas de circuito impresso de modo a prover a sustentação mecânica dos componentes eletrônicos, tal qual na tecnologia THT, sendo os terminais dos componentes soldados diretamente sobre as terminações elétricas do circuito eletrônico (trilhas). Isto permite a redução das dimensões das trilhas e do seu espaçamento, bem como o adensamento do circuito eletrônico. Tal fato gerou uma maior utilização desta tecnologia em diversos produtos, principalmente na indústria aeronáutica e automobilística, denotando a presença da chamada eletrônica embarcada (MELO, GUTIERREZ e ROSA, 2003).

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, adaptação e utilização de metodologias e ferramentas ofertadas, impondo à necessidade de uma permanente aprendizagem.

Cabe observar que na montagem de dispositivos eletrônicos através da tecnologia SMT, empregam-se diversas máquinas de montagem (ditas máquinas de composição SMT) que trabalham de forma cooperativa. Dependendo do *mix* de produtos a serem produzidos e da variedade dos componentes eletrônicos utilizados durante a montagem, a manufatura requer máquinas especializadas para determinados tipos de componentes, formando linhas de produção extremamente sofisticadas e de alto custo. A freqüente introdução de novos componentes eletrônicos com diferentes invólucros no mercado, faz com que o

ciclo de evolução destas máquinas seja extremamente rápido, podendo em pouco tempo tornar os sistemas atuais defasados (BAPTISTA, 2000).

Deste modo, por questões de amortizações de investimentos e do aproveitamento máximo das linhas de produção SMT, várias soluções são estudadas na busca da maximização do rendimento dos equipamentos, tais como o balanceamento das linhas de montagem para a carga solicitada segundo a capacidade dos recursos utilizados e algoritmos para a formação de grupos para escalonamento de produção de itens diferentes que utilizem componentes similares (BROCHONSKI e CANDIDO, 1999). Estas soluções visam um melhor rendimento das linhas de montagem SMT, sendo aplicadas no momento da produção e funcionamento dos equipamentos.

Ainda que as soluções mencionadas tragam excelentes resultados para o aumento da capacidade produtiva, estas não garantem a qualidade dos produtos produzidos uma vez que necessitam que as diversas etapas anteriores à produção (denominadas etapas de preparação dos equipamentos de montagem, doravante denominada *set-up*), estejam corretamente configuradas.

A etapa de *set-up* é fundamental para a qualidade do produto produzido, sendo caracterizada a seguir.

## 1.2 CARACTERIZAÇÃO DO TEMA

A qualidade dos bens produzidos e a redução dos tempos de produção são fatores altamente desejáveis ao meio fabril. Um fator significativo que justifica a preocupação com a qualidade é a ascensão da qualidade do produto a uma posição proeminente na mentalidade do público (BAPTISTA, 2000).

No que tange à qualidade na manufatura de equipamentos eletrônicos, a alta capacidade de produção seriada de uma linha de Produção SMT pode decorrer na montagem de muitos dispositivos bons ou ruins, de acordo com o *set-up* submetido às linhas de produção. E isto se deve a velocidade de montagem dos equipamentos SMT.

A etapa de *set-up* é a responsável pela separação, configuração e colocação dos componentes nas máquinas, bem como pela preparação de demais estruturas necessárias à montagem, assegurando que as máquinas produzam com o resultado esperado. Ao contrário da atividade de *set-up*, que

demanda um tempo significativo para ser concluída, a produção SMT é totalmente computadorizada, levando segundos para ser completada, como observa Silva e Sampaio (2002), reproduzindo rapidamente os resultados de suas configurações.

Trata-se, de acordo com Prasad (2001, p. 34) do paradoxo proveniente da automação: “*se algo sai errado, não importando quão trivial seja, pode não haver um tempo hábil para re-manufaturar centenas de placas eletrônicas antes que o problema seja descoberto*”. Assim, as etapas de preparação devem ser asseguradas quanto à sua confiabilidade. Ainda segundo Sadiq e Landers (1991), as operações de preparação de *set-up* podem não somente produzir dispositivos com montagens incorretas de maneira seriada, como consumir um tempo excessivo da produção, comprometendo o *lead time*<sup>1</sup> produtivo (TUBINO, 1999b). Percebe-se deste modo, que em detrimento a alta capacidade produtiva encontram-se as etapas de preparação, onde muitas atividades manuais e visuais são necessárias para preparação e checagem dos componentes a serem utilizados durante o processo de fabricação. 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. E não basta somente preparar os equipamentos de produção, deve-se fazê-lo com velocidade, precisão e qualidade, buscando meios para um controle robusto deste processo produtivo, onde erros humanos possam ser reduzidos e as atividades produtivas monitoradas de uma forma eficaz. Sob pena de gerarem um alto ônus para o ambiente produtivo a preocupação das empresas por este tema tem se intensificado muito, revelando uma urgência para a busca de soluções que atuem diretamente na qualidade e nos tempos de preparação.

### 1.3 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

A rápida evolução da tecnologia pode ser um dos fatores complicadores para a geração de contribuições bibliográficas para a redução do tempo de *set-up* que contemplem aplicações práticas para a montagem SMT. Existem poucos materiais bibliográficos sobre a redução do tempo de preparação e do controle da qualidade na produção SMT, mais especificamente sobre como manter a qualidade nas etapas que precedem a montagem e em como diminuir os tempos

---

<sup>1</sup> Tempo para que um serviço seja totalmente executado, desde sua solicitação até sua entrega.

das etapas de preparação, uma vez que estes são os tempos mais críticos se comparados à rapidez com que as máquinas levam para a montagem final. As literaturas disponíveis geralmente tratam da forma pelas quais as máquinas irão buscar e assentar os componentes SMT, propondo algoritmos e técnicas para otimização destes tempos. Para a formulação do problema pesquisado, é importante compreender alguns detalhes pertinentes às máquinas de composição SMT:

Para seu funcionamento, um equipamento de montagem SMT necessita de diversos parâmetros tais como: tipos de componentes utilizados, tipos de invólucros dos componentes, ângulo de montagem, distância entre terminais, polaridade, tipo de alimentador empregado, trilha ocupada para cada alimentador, mesa ou lado da máquina onde os alimentadores são esperados, linha de montagem, posição interna do alimentador onde o componente será fixado, tipo de invólucro onde o componente está acondicionado (rolos, bandejas, varetas), etc, predefinidas em softwares para controle de linhas de composição SMT. Neste contexto, os alimentadores serão os dispositivos específicos para abrigar cada componente esperado durante a montagem (Figura 1).

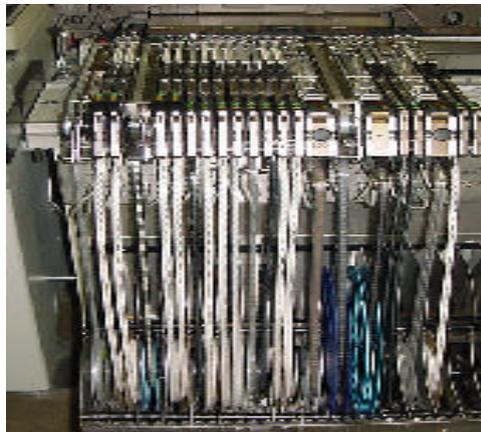


Figura 1: Rolos de Componentes Posicionados em Alimentadores

Uma máquina de composição SMT geralmente possui 127 posições de fixação de alimentadores para o lado direito e esquerdo do equipamento, totalizando 254 posições para componentes. Existem ainda máquinas com 508 posições, uma vez que possuem o lado esquerdo e direito com posições duplicadas. Uma linha de montagem SMT típica geralmente é composta por 3

máquinas de composição, podendo dispor 1524 posições para componentes. Cada componente deverá ser corretamente abastecido nas posições e alimentadores esperados para que as montagens tenham sucesso.

Magazine e Polak (2002) descrevem que uma máquina de composição de componentes SMT segue instruções programadas para controle da montagem onde informações dos componentes e dos alimentadores utilizados são permanentemente buscadas. A preparação das linhas de montagem é lenta principalmente devido ao número de alimentadores utilizados.

A partir disso, propõe-se o estudo de uma outra abordagem para otimização da produção SMT: o foco sobre a qualidade durante a preparação SMT e a redução do tempo necessário para configurar cada *set-up*, pois um *set-up* sem erros significa uma menor incidência de falhas no resultado final da montagem. Deste modo, o problema de pesquisa, resume-se a: **“Como eliminar erros no processo de set-up e reduzir os tempos de preparação em linhas de montagem SMT”**.

A definição da metodologia de pesquisa dá-se com base no embasamento teórico de Yin (2001), Gil (2002) e Bryman (1989). O corpo teórico básico para suporte à formulação das hipóteses e busca de uma resposta à questão central foi baseado principalmente em Magazine e Polak (2002), Akiyama (2002), Tubino (1999b), Goubergen e Landeghem (2001), Moura e Banzato (1996), Rowland (2003), Magnell (2002), Leon e Peters (1998) e Fogliatto e Fagundes (2003).

## 1.4 DECLARAÇÃO DOS OBJETIVOS DA PESQUISA

### 1.4.1 OBJETIVO GERAL

***Propor uma solução prática para tratamento de erros de preparação de set-up.***

### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

**“Compreender como as etapas de set-up interferem no processo de manufatura SMT, identificando seus problemas e causas”**.

Demais objetivos:

- Revisão da literatura;
- Descrição de possíveis soluções implementáveis;
- Seleção de soluções mais viáveis;
- Análise de custos e dificuldades de implementação;
- Desenvolvimento da solução escolhida.

A contribuição deste trabalho se dá por uma pesquisa participante junto ao tema pesquisado, propondo uma solução prática para o controle das variabilidades existentes em erros de preparação de *set-up*.

## 1.5 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO PELO TEMA DA PESQUISA

### 1.5.1 JUSTIFICATIVA

A fim de evitar a manufatura de produtos sem conformidades, é necessário controlar o processo produtivo. Para tal, as empresas devem lançar mão de instrumentos que apoiem uma produção ágil com qualidade aceitável de modo a satisfazer as necessidades e expectativas do cliente.

A importância deste trabalho dá-se uma vez que a redução do tempo gasto em *set-up* é condição necessária para diminuir o custo unitário de preparação (FOGLIATTO e FAGUNDES, 2003). Ainda segundo Harmon e Peterson (1991), tal redução é importante por três razões:

1. Quando o tempo de *set-up* é alto, os lotes de fabricação tendem a ser grandes para aproveitarem ao máximo o *set-up* configurado, aumentando o investimento em estoques;
2. A qualidade da preparação e a diminuição do tempo para a mesma resultam em menores custos de operação, agregando os benefícios inerentes a isso;
3. A redução do tempo de *set-up* possibilitará um aumento do tempo de operação disponível para os equipamentos;

Para Shingo (2000c), em sistemas altamente automatizados torna-se necessário radicalizar ainda mais a redução dos tempos de preparação. Também neste sentido, Moura e Banzato (1996b) mencionam que as empresas deverão buscar meios para redução do tempo empregado em atividades que não agregam

valor para a cadeia produtiva, tais como o tempo ocioso, estocagem, transporte, conferência de materiais, *set-up*, etc. Para estes autores, será necessário procurar e converter o tempo desnecessário, introduzindo melhorias e permitindo, tanto ao maquinário quanto aos funcionários, acrescentar valor aos produtos. Apesar de vários autores descreverem a redução dos tempos percebidos pelo cliente como vantagem competitiva, as empresas ainda carecem de meios alternativos para fazê-lo. A partir destas constatações, evidencia-se a necessidade da elaboração de trabalhos voltados para a análise das etapas de *set-up* e de suas particularidades.

Além dos fatos mencionados, cabe observar que os responsáveis pela manufatura SMT convivem com a disparidade entre a alta capacidade das linhas produção SMT e o excessivo tempo de preparação de *set-up*, necessário ao funcionamento dos equipamentos. Em um ambiente tal como este, é comum observar a montagem de dispositivos eletrônicos levarem poucos segundos. Ao deparar-se com tal capacidade produtiva, justifica-se a reflexão sobre as oportunidades de uma melhor operacionalização dos processos que vão gerar os resultados da produção.

Desta feita, a formação de uma base de conhecimento com proposições que possam ser utilizadas e adaptadas pelo meio fabril permitindo um maior desempenho e lucratividade durante a preparação e montagem SMT, como alertam Jonash e Sommerlatte (1999), impulsionarão os ganhos da empresa, acelerando seu crescimento, garantindo uma vantagem sobre os concorrentes.

Em uma produção em larga escala, os custos com perdas, re-trabalhos e inspeções justificam a pesquisa de soluções para a busca de resultados produtivos mais eficazes.

### 1.5.2 MOTIVAÇÃO

Divulgar e aprofundar o conhecimento produzido, dentro de uma abordagem que relaciona, discute e desenvolve referenciais teóricos sobre o tema pesquisado, expondo a aplicabilidade da pesquisa na prática de manufatura SMT, traduzem a motivação pelo tema proposto. As motivações surgiram diante de um quadro observado, quase que diariamente, por profissionais da área de produção SMT: as inquietações das equipes diante dos desafios e das necessidades para a

garantia da qualidade e de baixos tempos de produção. Entretanto, a busca de soluções exigiria mais do que uma vivência diária, apontando para uma pesquisa sobre diferentes opiniões de vários autores. Observamos, assim, que era necessário contar com um grande trabalho de observação e de sinergia junto às equipes de *set-up*, buscando dominar uma situação real e crítica para a indústria eletrônica.

## 1.6 MÉTODO DE PESQUISA

### 1.6.1 MÉTODO

No que se refere à pesquisa científica, Yin (2001) afirma existirem as abordagens de experimento, levantamento, análise de arquivos, pesquisa histórica e participante ou estudo de caso, como instrumentos para a condução da mesma. A estratégia da pesquisa dependerá do tipo da questão da pesquisa; do grau do controle que o investigador tem sobre os eventos investigados; do foco temporal, onde comportamentos contemporâneos são comparados a acontecimentos históricos. 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.

Ainda para Gil (2002), problema é uma questão não solvida e que é um objeto de discussão, em qualquer domínio de conhecimento. É uma proposta duvidosa que pode ter numerosas soluções. A questão central proposta “*Como eliminar erros no processo de set-up e reduzir os tempos de preparação em linhas de montagem SMT ?*”, conduz a avaliação de aspectos contextuais e contemporâneos à serem estudados.

### 1.6.2 TIPO 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. 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 1 orienta o pesquisador quanto às diferenças das abordagens.

<b>Aspecto</b>	<b>Pesquisa Quantitativa</b>	<b>Pesquisa Qualitativa</b>
Ênfase na interpretação do entrevistado	Menor	Maior
Importância do contexto da organização pesquisada	Menor	Maior
Proximidade do pesquisador em relação aos fenômenos estudados	Menor	Maior
Alcance do estudo no tempo	Instantâneo	Intervalo maior
Número de fonte de dados	Uma	Várias
Ponte de vista do pesquisados	Externo à organização	Interno à organização
Quadro teórico e hipóteses	Definidas rigorosamente	Menos estruturadas

Tabela 1: Comparativo Entre as Abordagens

Fonte: Bryman (1989 p.17)

Com o objetivo de focar a manufatura baseada na utilização da tecnologia SMT em empresas do segmento eletrônico, a pesquisa vai se valer da abordagem qualitativa, uma vez que se pretende observar os fatos sobre a ótica dos próprios colaboradores e planejadores de produção. Ao tratar do ponto de vista dos

envolvidos na manufatura SMT e havendo uma maior proximidade do pesquisador junto ao setor de produção SMT, busca-se uma profunda compreensão do contexto da situação pesquisada (empresa estudada, produtos montados, tipo de tecnologia empregada para montagem, etc). Maiores detalhes do contexto e participantes envolvidos estão descritos nos tópicos “1.6.5 Coleta de Dados”, “1.6.6 Determinação do Número de Casos” bem como no apêndice A, tópico “Descrições de Procedimentos de Campo”. A Tabela 2 relaciona o método de pesquisa, a abordagem principal, e os instrumentos empregados para a coleta de dados.

<b>Método de Pesquisa</b>	<b>Abordagem</b>	<b>Instrumentos</b>
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

Tabela 2: Instrumentos e Abordagens para o Método de Pesquisa

Fonte: Bryman (1989 p.18)

### 1.6.3 PROPÓSITO DA PESQUISA

Para Yin (2001) existem quatro propósitos básicos para a investigação: exploratório, descritivo, explanatório e preditivo, que podem nortear a escolha do método de pesquisa a ser utilizado. A Tabela 3 sintetiza e relaciona a intenção de pesquisa aos atributos que definem e condicionam os métodos e instrumentos de pesquisa adequados a cada propósito explicitado.

<b>Propósito do Estudo</b>	<b>Pergunta Abstrata</b>	<b>Exemplos de Perguntas</b>	<b>Método de Pesquisa</b>	<b>Coleta de Dados</b>
<b>EXPLORATORIO</b> → Investigar fenômenos pouco compreendidos → Identificar ou descobrir variáveis importantes → Gerar hipóteses para pesquisa futura	O fato existe?	O que está acontecendo em...? Quais são os aspectos, padrões e categorias importantes em...? Como esses padrões se relacionam com outros?	Survey Estudo de caso Pesquisa participante	Observação direta Entrevistas
<b>DESCRITIVO</b> → Documentar o fenômeno de interesse	O que é o fato? Como ele é diferente de outros?	Quais são os comportamentos, eventos, crenças, estruturas, atitudes e processos que ocorrem nesse fenômeno?	Survey Pesquisa participante Estudo de caso Etnografia	Observação direta Entrevistas Análise documental Questionários
<b>EXPLANATÓRIO</b> → Explicar as forças que causam o fenômeno → Identificar os possíveis conjuntos de causas que determinam o fenômeno	O que causa o fato?	Que eventos, crenças, políticas estão determinando esse fenômeno? Como essas forças interagem para determinar esse fenômeno?	Survey Estudo de caso Estudo histórico Pesquisa participante Etnografia	Observação direta; Entrevistas Questionários Análise documental
<b>PREDITIVO</b> → Predizer o resultado de um fenômeno. → Prever os eventos e comportamentos resultantes de um fenômeno.	Como o fato é relacionado com outros?	O que vai acontecer como resultado desse fenômeno? Quem será afetado? De que forma?	Survey Pesquisa-ação Experimentos	Questionários (grande escala) Observação direta

Tabela 3: Indicativos para a Escolha do Método de Pesquisa

Fonte: Bryman (1989 p.21)

A pesquisa teve natureza descritiva, buscando documentar o fato e o seu comportamento. O método de pesquisa é uma pesquisa participante, que “*consiste na participação real do observador na vida de uma comunidade, grupo ou de uma determinada situação. Neste caso, o observador assume, pelo menos até certo ponto, o papel de um membro do grupo*”. Para Yin (2001), a pesquisa participante poderá ser usado como uma das formas de se fazer uma pesquisa social empírica ao se investigar um fenômeno atual dentro do seu contexto, permitindo a investigação exaustiva de um ou de poucos objetos de maneira a permitir o seu conhecimento detalhado.

#### 1.6.4 LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

A revisão bibliográfica, fundamental para a condução deste trabalho, permite a abordagem dos conceitos sobre o enfoque de diversos autores, norteando o acompanhamento e evolução dos temas. Para Gil (2002), o levantamento bibliográfico tem por objetivo:

- Identificar os dados e informações presentes em livros, manuais, artigos, revistas, etc.;
- Estabelecer relações entre as informações descritas e a linha de pesquisa adotada;
- Gerar instrumentos para análise e consistência das informações.

Procurando a aplicação e o aperfeiçoamento dos conceitos ou para dirimir questões específicas, o levantamento bibliográfico inicialmente propõe descrever a manufatura SMT com seus componentes e etapas produtivas, ofertando uma visão global das características desta manufatura. As opiniões de autores sobre a importância da redução de *set-up* são mencionadas, bem como, as tentativas de maximização de produtividade através de estratégias conferidas na etapa de preparação de *set-up*. Os benefícios de uma correta preparação para a qualidade da manufatura SMT também são discorridos. A partir da identificação dos problemas e erros oriundos do *set-up*, propõem-se soluções potenciais para apoio a tal atividade.

### 1.6.5 COLETA DE DADOS

Gil (2002) observa que na pesquisa participante sempre se utiliza mais de uma técnica para a obtenção de dados. Os resultados obtidos devem ser provenientes da convergência ou da divergência das observações obtidas de diferentes procedimentos. Neste trabalho, os dados foram obtidos mediante múltiplas fontes através de entrevistas junto a colaboradores, supervisores e gerentes setoriais, observações diretas, análise documental de planos, procedimentos internos e revisão bibliográfica. A utilização destes diferentes instrumentos constitui uma forma de obtenção de dados de diferentes tipos, a qual proporciona a possibilidade de uma melhor compreensão do conjunto das informações. Após a coleta, as informações foram interpretadas, discutidas e avaliadas pelos colaboradores ligados a manufatura SMT.

Pouco tempo depois de iniciada a pesquisa, foram realizados investimentos para aquisição de uma nova linha SMT com uma ainda maior capacidade produtiva, com intuito de suportar novas demandas produtivas. A participação do autor desta pesquisa deu-se neste cenário, onde foi possível conviver com os colaboradores dos Setores de manufatura SMT responsáveis pela especificação, implantação e operação desta linha. Muitas das expectativas destes colaboradores puderam ser conhecidas e acompanhadas em virtude das próprias atividades realizadas pelo autor, no que tange as atividades de infra-estrutura e automação industrial, facilitando uma proximidade com o setor de produção SMT.

Cooper (2003) propõe técnicas de entrevista que podem ser utilizadas na coleta de dados da pesquisa de campo. Para o autor, deve-se favorecer a motivação do respondente ao deixar claro o objetivo da pesquisa, verificando constantemente a importância percebida do assunto. Os colaboradores não poderão “serem pegos de surpresa”, evitando o medo da consequência de suas participações e outros embaraços. A entrevista baseia-se em uma seqüência pré-organizada de questionamentos anotados de modo a compor uma base de conhecimento. O questionamento com base em perguntas escritas foi realizado ao longo de um período de uma semana, sua meta era identificar elementos considerados como suficientes para a busca dos objetivos, bem como das ações potenciais que viessem a beneficiar a validação dos mesmos. As situações

descritas e a manifestação destas no contexto estudado seguem o modelo proposto por Bonoma e Shapiro (1991), melhor explicitadas nos apêndices A e B.

#### 1.6.6 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO DE CASOS

Para Gil (2002), a determinação do número de casos não poderá ser feita a priori, a não ser quando o caso for intrínseco. Para o autor, a utilização de um único caso pode ser justificada quando o caso estudado é único ou extremo, focando características peculiares ao meio pesquisado. O procedimento sugerido centra-se no adicionamento progressivo de novos casos. Definiu-se, deste modo, que a unidade de análise se daria sobre três unidades de manufatura, sujeitas a diferentes variações de produtos a serem montados. Os objetivos globais das empresas foram estabelecidos tendo como diretriz principal a redução de todo tipo de desperdício, tais como, matéria-prima, suprimento, tempo, estoque, movimentação, espera, excesso de produção, e retrabalho. A área onde se dá a pesquisa é o setor de manufatura de módulos eletrônicos, onde componentes eletrônicos de características SMD (*Surface Mounted Device*) são montados em placas de circuito impresso. A manufatura se dá através de linhas de composição de componentes automatizadas, utilizando a tecnologia SMT (*Surface Mounting Technology*), onde equipamentos fazem o assentamento automático dos componentes esperados durante a montagem.

As unidades fabris pesquisadas possuem várias linhas de montagem, totalizando mais de 50 máquinas de composição SMT, cuja complexidade de manufatura justificam a busca de sistemas de informação que suportem tal processo organizacional.

## CAPITULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO

A função produção, entendida como o conjunto de atividades que levam à transformação de um bem em outro, acompanha o homem desde sua origem. Paulatinamente, as atividades e necessidades humanas tornaram-se cada vez mais vastas e complexas, auxiliadas pelo desenvolvimento de ferramentas e métodos de produzir cada vez mais sofisticados. A partir do século XX, Henry Ford revolucionou os métodos e processos produtivos até então existentes, ao criar a linha de montagem em série. Neste cenário, surge o conceito de produção em massa, caracterizado pela produção de grandes volumes trazendo consigo princípios inovadores relacionados à melhoria da produtividade, tais como (TUBINO, 1997a):

- Linhas de montagem;
- Organização de postos de trabalho;
- Utilização de estoques intermédios;
- Alterações no arranjo físico ou layout da manufatura;
- Controle dos tempos de fabricação;
- Utilização de manutenção preventiva.

A partir deste momento, a produção seriada tornou-se responsável pelo grande aumento da produtividade e posteriormente da qualidade pela obtenção de produtos mais uniformes, em virtude da padronização e aplicação de técnicas de controle da qualidade. Posteriormente, novas abordagens surgiram com vistas a aumentar a eficiência e a flexibilidade dos processos de fabricação, tais como:

- *Just-in-Time*;
- Células de produção;
- Automação da manufatura;
- Certificações;
- Movimentos pela qualidade total, etc.

Ao longo desse processo de modernização da produção, as sistematizações das filosofias de manufatura assumiram uma grande relevância, fomentando a importância da administração estratégica de produção. Ainda neste

cenário, a revalorização do papel da manufatura enquanto elemento primordial para atingir os objetivos estratégicos organizacionais, foi renovado com base em três fatores, conforme Figura 2 (CORREA e GIANESI, 2001b):

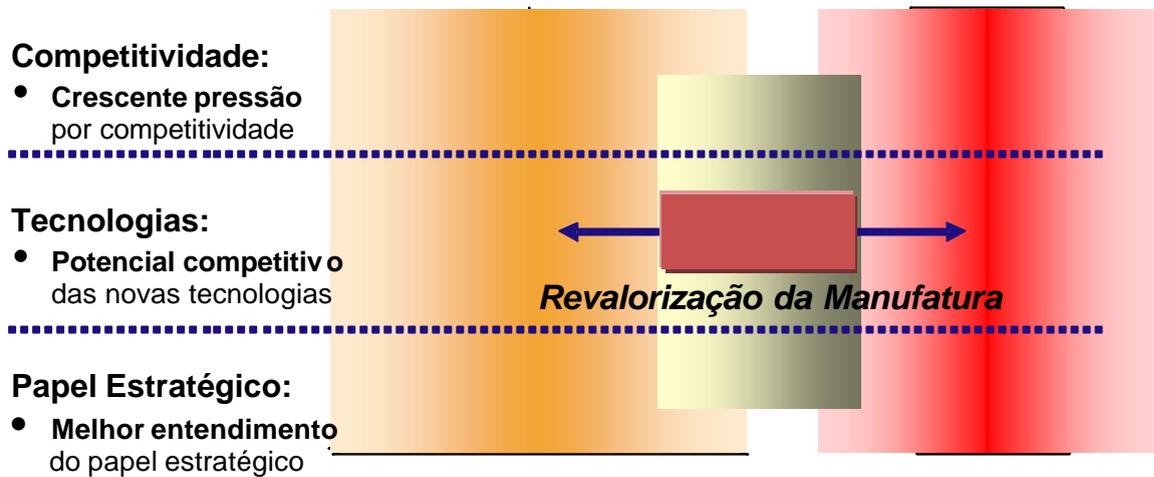


Figura 2: Principais Causas para Revalorização da Manufatura

A crescente pressão por competitividade imputada às empresas, quer pela capacitação dos concorrentes e por novas proposições de mercado, foram um dos fatores para revalorização da manufatura. Um segundo fator dá-se quanto ao potencial competitivo que representa o desenvolvimento de novas tecnologias de processo e de gestão de manufatura, tais como os sistemas de manufatura flexível e a manufatura fortemente integrada por computador. Um terceiro fator está relacionado a um melhor entendimento do papel estratégico que a produção pode e deve ter para conquista dos objetivos globais da organização.

O fato é que no sentido de responder às estas necessidades, as organizações aperfeiçoam seus modos de produção assumindo filosofias de trabalho participativas e incorporando tecnologias avançadas de processamento. Deste modo, a necessidade premente das empresas encontra-se focada na produção ao tratar-se de uma área estratégica, necessitando um controle acirrado e racionalizado, com o fim de evitar perdas e riscos à manutenção da empresa seja em seu contexto interno (materiais e mão-de-obra) ou externo (clientes e fornecedores). Faz-se necessário, então, introduzir as filosofias de manufatura em sistemas de produção, bem como seus desdobramentos.

## 2.2 PRODUÇÃO ENXUTA

A Produção Enxuta (*Lean Production*) é um termo que vem sendo usado para designar uma filosofia de gestão da produção, que teve origem com os estudos concebidos por Ohno, na Toyota Motor Company, para adaptação do sistema de manufatura norte-americano ao contexto da indústria automobilística japonesa da época (OHNO, 1997). As abordagens, conceitos e técnicas resultantes desses estudos integram o chamado Sistema Toyota de Produção ou Produção Enxuta, disseminado como um modelo de produção que substituiria a produção em massa, como padrão de sucesso (GHINATO, 1996).

Diante da necessidade de produzir pequenas quantidades de numerosos modelos de produtos, Ohno adaptou conceitos de sistemas de produção existentes em novas abordagens para a produção industrial, o que acabou consolidando o chamado Sistema Toyota de Produção ou Produção com Estoque Zero. A filosofia do Sistema Toyota de Produção está baseada nos seguintes pontos:

1. Produção de pequenas quantidades de diversos modelos de produtos para atender uma demanda diversificada (foco no cliente), se contrapondo a busca da redução de custos através da produção de grandes quantidades (produção em massa). O resultado é a flexibilização da produção;
2. Na busca de produtividade com diversidade, Ohno propôs a “fábrica mínima”, voltando-se para a redução dos recursos em estoque (materiais, equipamentos, área construída, recursos humanos). A transparência predominava no ambiente de trabalho e nos processos;
3. Recursos humanos com mão de obra multifuncional e que desempenhassem também atividades de planejamento e controle, sustentando o conceito de “fábrica mínima”.

O Sistema Toyota de Produção teve suas bases definidas sobre dois pilares: a automação e o *Just-in-time* (JIT). Para Ohno a automação assistida evita a propagação de erros no processo ao permitir que a produção seja interrompida a partir da identificação de qualquer anomalia. A premissa é a

adoção do controle denominado zero defeito, utilizando mecanismos de advertência quando na incidência de falhas, sinalização e detecção.

A automação norteia toda filosofia de qualidade do Sistema Toyota, podendo ser descrita segundo alguns princípios (SHINGO, 1997b):

- Os operários são responsáveis pela qualidade e controle do processo. Os erros são corrigidos por aqueles que o causaram, dando a oportunidade para os mesmos refletirem sobre as causas do problema e as formas de evitá-los;
- O controle da qualidade passa a ser exercido tanto no nível gerencial, como no operacional. A qualidade deixa de ser responsabilidade apenas do setor de produção, envolvendo toda a organização, desde a concepção do produto e do processo de produção até a entrega do produto ao cliente final;
- Foco na transparência dos processos, com a utilização de sistemas para o controle da qualidade e identificação de anomalias;
- Rigorosa exigência de qualidade na relação cliente-fornecedor entre postos de trabalho, colocando a qualidade como prioridade frente à necessidade de produção;
- Inspeção em 100% das peças e produtos produzidos;
- Fomento a melhoria contínua na busca do ideal, pressupondo-se de que há sempre uma forma de melhorar o produto.

Ohno inspirado na retirada de produtos em prateleiras de supermercados americanos, das quais os clientes retiram o que precisam, quando precisam e na quantidade necessária, norteou a geração do segundo pilar do Sistema Toyota de Produção: o *Just-in-Time* (JIT). A filosofia JIT objetiva que cada posto de trabalho produza apenas a quantidade necessária, quando necessário e na qualidade exigida, reduzindo a necessidade de estoques, tanto de matéria prima como de subprodutos. Tais objetivos somente podem ser alcançados mediante uma série de condições que envolvem o ambiente físico, o comprometimento dos colaboradores envolvidos em toda cadeia de produção, questões de treinamento e a própria cultura focada na qualidade (SHINGO, 1997b). Ainda segundo Tubino (1997a), a filosofia JIT tem como objetivo fundamental melhorar continuamente a produtividade, procurando flexibilidade, simplicidade nos processos e eliminação

de todas as formas de desperdício que não agreguem valor às atividades desenvolvidas.

A melhoria contínua do processo produtivo exige a observação constante do estoque produtivo, uma vez que os estoques têm sido utilizados para evitar descontinuidades do processo diante dos seguintes problemas (CORREA e GIANESI, 2001b):

- Problemas de Qualidade: quando algumas etapas do processo de produção apresentam problemas de qualidade, o estoque colocado entre estas etapas permite que se possa trabalhar continuamente, sem sofrer com interrupções que ocorrem em etapas anteriores.
- Problemas de Quebra de Máquina: Ao terem-se problemas em um determinado equipamento produtivo, as etapas posteriores do processo que são abastecidas por estes equipamentos teriam que interromper seu funcionamento, caso não houvesse estoque suficiente para que o fluxo de produção continuasse. Nesta situação, o estoque gera interdependência entre as etapas produtivas.
- Problemas de Preparação de Máquina: quando um equipamento processa operações em mais de um item ou produto, é necessário preparar o equipamento a cada mudança de produto a ser processado. Esta preparação representa custos referentes ao período inoperante do equipamento, a mão de obra requerida na operação de preparação, à perda de material no início da operação, dentre outros. Quanto maiores este custo, maior tenderá a ser o lote a ser processado, para que os custos sejam rateados por uma quantidade maior de peças. Grandes lotes de produção geram estoques.

Deste modo, o estoque é utilizado para tratamento dos problemas mencionados. O objetivo da filosofia JIT é reduzir estoques de modo que os problemas fiquem visíveis e possam ser eliminados através de esforços concentrados e priorizados. Ao serem reduzidos gradativamente os estoques, os problemas críticos tornam-se visíveis, permitindo um tratamento individualizado para os mesmos, buscando o alcance de melhores índices de qualidade (CORREA e GIANESI, 2001b).

Para o alcance de uma maior flexibilidade de resposta, as seguintes estratégias dão suporte ao *Just-in-Time* (SHINGO, 1997b):

- Redução dos tempos de ciclo de produção<sup>2</sup> através da redução do tamanho dos lotes, sincronização do processo e readequação do espaço físico para reduzir fluxos;
- Redução do tempo de preparo dos equipamentos utilizados na manufatura (*set-up*).

Observa-se, assim, que a filosofia JIT enfatiza a gerência do fluxo de produção, procurando fazer com que os produtos fluam de forma suave e contínua através das diversas fases do processo produtivo. A busca pela flexibilidade da produção e da redução dos tempos de preparação de equipamentos, reflete-se na ênfase dada à produção, permitindo uma produção adaptável a mudanças de curto prazo e obtendo ganhos de produtividade (MOURA, 1999a).

## 2.3 DIFERENÇA ENTRE A PRODUÇÃO CONVENCIONAL E A PRODUÇÃO JIT

As principais diferenças entre o sistema de produção convencional e o sistema de produção JIT, estão destacadas a seguir:

### 2.3.1 SISTEMA DE PRODUÇÃO CONVENCIONAL

- O *layout* é do tipo departamental, sendo os equipamentos de manufatura agrupados por processo;
- Formação de estoques entre as operações devido à falta de balanceamento das capacidades produtivas;
- Fabricação de grandes lotes;
- Emprego de trabalhadores especializados para determinadas funções;
- Utilização de estoques protetores (*buffers*) entre etapas produtivas.

---

<sup>2</sup> Tempo médio decorrido entre o início e a conclusão da produção de um produto.

### 2.3.2 SISTEMA DE PRODUÇÃO JIT

- Divisão da fábrica em unidades menores com famílias de produtos;
- Layout do tipo celular;
- Operadores polivalentes, executando operações diversas;
- A fabricação de uma nova quantidade será ditada pelo consumo das peças realizadas pelo setor seguinte (produção "puxada").

### 2.4 QUALIDADE EM SISTEMAS PRODUTIVOS

Para Garvin (1984), qualidade e produtividade estão associadas. Deste modo, antes da descrição de procedimentos aplicados ao controle de qualidade na produção SMT, faz-se necessário explorar o conceito de qualidade e de seus desdobramentos.

A compreensão e definição do termo qualidade apresenta pontos de vista distintos para diferentes autores e setores. Garvin (1984) observa que “*é difícil captar exatamente conceitos complexos como o da qualidade*”. E na busca da definição da qualidade, este autor propôs cinco visões ou abordagens:

- Transcendente;
- Baseada no Produto;
- Baseada no Usuário;
- Baseada na Produção;
- Baseada no Valor.

#### **Abordagem Transcendental**

Esta abordagem define que qualquer que seja a natureza da qualidade, vai-se conhecê-la quando a virem. Esta abordagem possui pouca visão prática ao observar que não se pode definir qualidade com precisão, o melhor é tentar senti-la.

### **Abordagem Baseada no Produto**

Para esta abordagem a qualidade é uma variável mensurável e precisa. É o nível de características de qualidade desejáveis ou indesejáveis que o produto incorpora. Apesar de objetiva, esta abordagem tem limitações. A correta comparação entre produtos deve ser feita por diversos usuários, todos privados de suas preferências individuais, o que não é possível.

### **Abordagem Baseada no Usuário**

Centra-se no usuário como avaliador das características de qualidade de um produto. Se suas necessidades são plenamente atendidas pelo produto, supõe-se que ele tenha qualidade. Enfrenta problemas conceituais por tratar de preferências individuais bastante diferenciadas. Mesmo que um produto satisfaça plenamente as necessidades de um determinado usuário, sob avaliação de um terceiro, essa satisfação pode não ocorrer.

### **Abordagem Baseada na Produção**

Interessa-se pelas práticas relacionadas com a engenharia de produto e a produção, identificando a qualidade como “fazer certo da primeira vez” ou a “conformidade com as especificações”. A detecção de uma não conformidade representa ausência de qualidade e, assim sendo, cria-se condições para quantificá-la e controlá-la. Para esta abordagem a ênfase no controle dos processos cria um relacionamento direto entre qualidade e produtividade.

### **Abordagem Baseada no Valor**

Definem a qualidade em termos de custos e preços, onde um produto de qualidade será aquele que oferece desempenho a um preço aceitável ou conformidade a um custo aceitável.

As áreas de marketing, engenharia e produção são exemplos de diferentes visões quanto à qualidade. No marketing a qualidade superior significa

uma oferta adequada às necessidades do cliente, um melhor desempenho, o produto possuir características reforçadas e contar com aperfeiçoamentos tecnológicos. Para a engenharia segue a orientação baseada no produto, atuando em termos de especificações, traduzindo o desempenho do produto em termos de tolerâncias e dimensões. Já a produção tem a qualidade como conformidade com as especificações e fazer certo da primeira vez, esperando que as melhorias em qualidade resultem em reduções de custo. Os fatos citados sugerem que a qualidade nunca poderá ser vista apenas por uma única perspectiva.

Para Garvin (1984), as abordagens da qualidade devem se mover por todas as fases do projeto até a entrega do produto ao mercado. As abordagens, apesar de distintas, devem ser exploradas de modo a cumprirem a fase que lhe compete. Deste modo, primeiramente as características que conotam qualidade para o consumidor devem ser identificadas, sendo em seguida traduzidas em atributos identificáveis (abordagem baseada no produto). Os meios de produção devem então se organizar para garantir que os produtos serão feitos precisamente conforme especificados (abordagem baseada na produção). Os processos não podem ignorar estes passos, sob pena de não resultarem em um produto de qualidade.

Como mencionado anteriormente, outros autores propuseram outros significados para a qualidade. Para Ishikawa (1993), *“Qualidade é desenvolver, projetar, produzir e comercializar um produto de qualidade que é mais econômico, mais útil e sempre satisfatório para o consumidor”*. Para Feigenbaum (1994), *“Qualidade é a correção dos problemas e de suas causas ao longo de toda série de fatores relacionados com marketing, projetos, engenharia, produção e manutenção, que exercem influência sobre a satisfação do usuário”*. Já para Crosby *apud* Clarke e Yarrow (1997), *“Qualidade é a conformidade do produto às suas especificações”*. Neste sentido, a contribuição de Deming *apud* Walton (1992), encontra-se em uma base de abordagem centrada no controle estatístico do processo. As iniciativas para se atingir o sucesso estariam condicionadas na

forma de gerenciar, por isto, a implementação de um programa de qualidade só se iniciaria com o comprometimento da alta gerência. Para Juran (1990), *“a qualidade consiste nas características do produto que vão ao encontro das necessidades dos clientes e dessa forma proporcionam a satisfação em relação ao produto”* ou ainda, *“a qualidade é a ausência de falhas”*.

Para Falconi (1992), há muitos fatores motivadores para a prática da Qualidade, destacando-se:

- Aumento da lucratividade empresarial, sem que isso signifique necessariamente preços mais elevados e maiores encargos aos clientes;
- Redução de custos por meio da racionalização dos processos, diminuição do desperdício, eliminação do re-trabalho;
- Ênfase nas necessidades e aspirações do cliente, ampliando a percepção do empresário para novas oportunidades.

Ainda para Tubino (1999b), existem critérios estratégicos de produção que darão suporte à obtenção de vantagens competitivas de longo prazo nas empresas. Tais critérios, ditos critérios de desempenho, orientarão a linha de ação a ser seguida pela produção (Tabela 4):

<b>Critérios</b>	<b>Descrição</b>
Custo	Produzir bens e serviços a um custo mais baixo do que a concorrência
Qualidade	Produzir bens e serviços com desempenho de qualidade melhor que a concorrência
Desempenho de Entrega	Ter confiabilidade e velocidade nos prazos de entrega dos bens e serviços melhores que a concorrência

Flexibilidade	Ser capaz de reagir de forma rápida a eventos repentinos e inesperados
---------------	--

Tabela 4: Critérios de Desempenho Produtivos

Fonte: Tubino (1999b)

A qualidade pode focar diferentes aspectos na busca da eliminação de desperdícios que ocorram no processo produtivo. Para os desperdícios mais críticos, Tubino (1999b) cita o desperdício de produtos defeituosos. O desperdício de produtos defeituosos se dá quando um problema ocorre na fabricação de um lote de itens em um determinado equipamento, sendo identificado após a inspeção do lote, geralmente em etapas finais do processo de manufatura. Isto faz com que dentro do sistema produtivo, potencialmente, todos os itens trabalhados a partir do equipamento gerador do problema estejam defeituosos e devam ser corrigidos.

## CAPITULO 3 – MANUFATURA SMT

### 3.1 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).

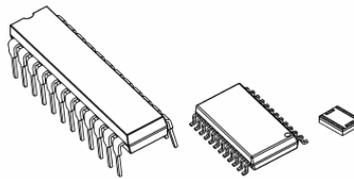


Figura 3: Evolução para encapsulamentos de 24 pinos

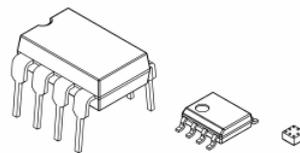


Figura 4: Evolução para encapsulamentos de 8 pinos

As figuras 5 e 6 destacam o tamanho físico de alguns componentes SMD, fator principal para aplicabilidade dos mesmos em produtos miniaturizados.



Figura 5: Componente SMD – Referência de Tamanho Físico

O tamanho físico dos componentes permite a criação de dispositivos extremamente compactos, como pode ser observado na figura 5:

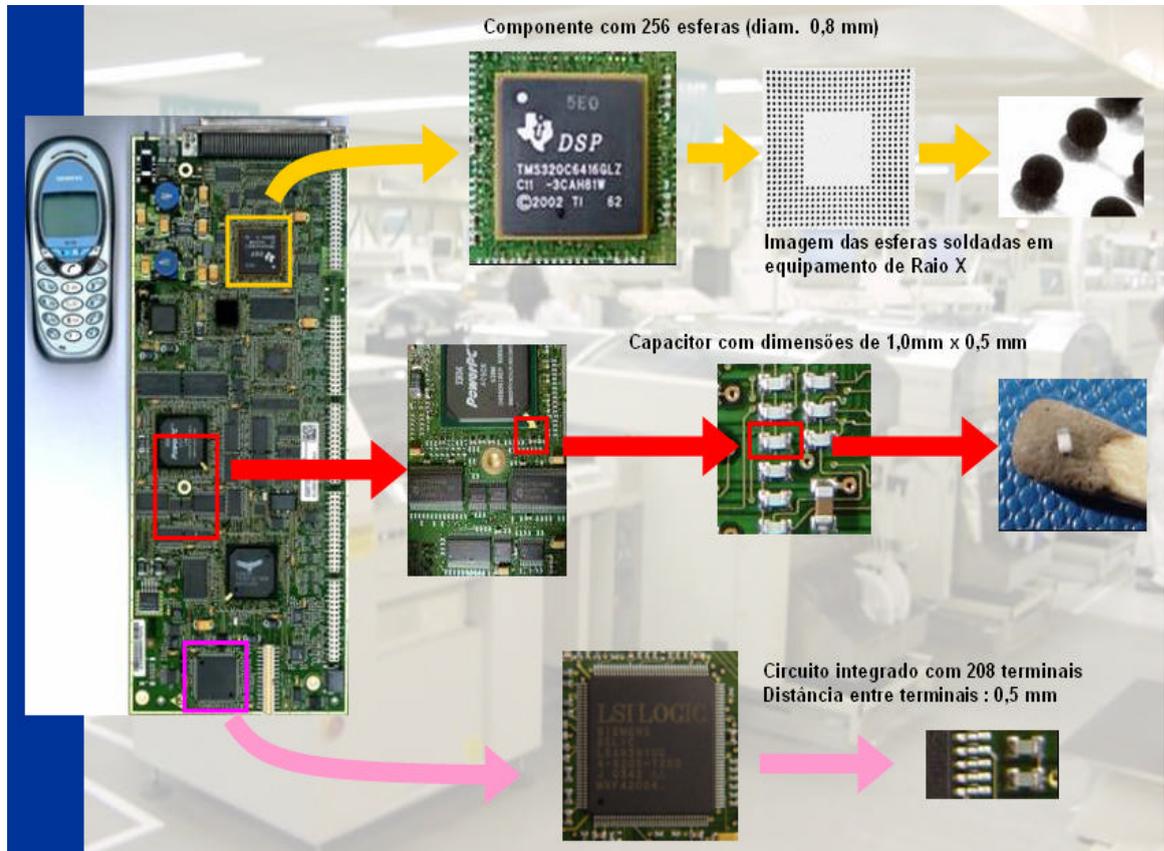


Figura 6: Componente SMD – Referência de Tamanho Físico

A disponibilidade de componentes SM 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 Freqüência);
- 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.

### 3.2 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.

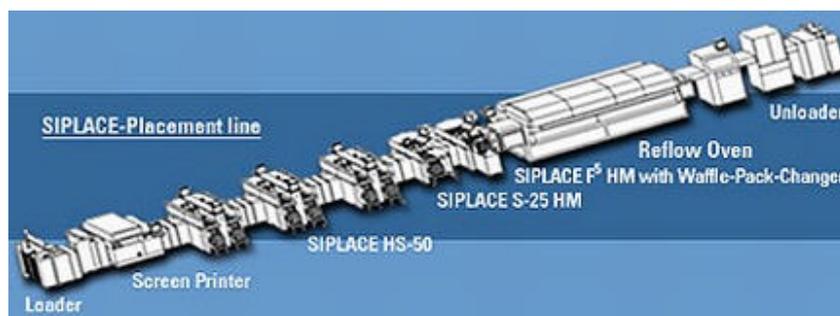


Figura 7: Típica Linha de Produção SMT

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 8).

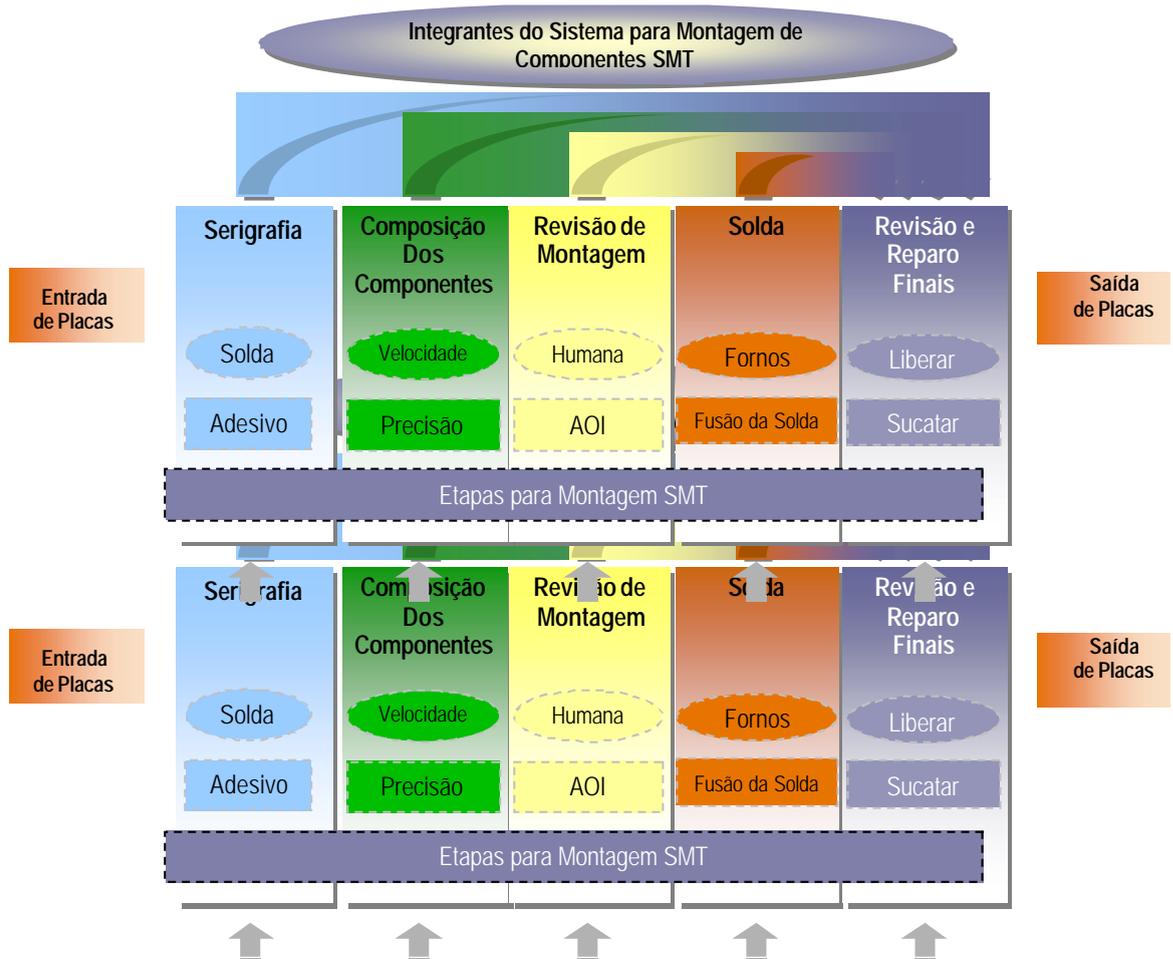


Figura 8: Etapas para Montagem SMT

### 3.2.1 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 9).

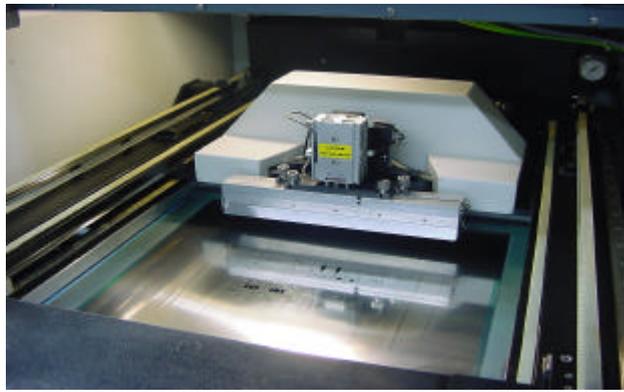


Figura 9: Serigrafia e Aplicação de Pasta de Solda

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.

### 3.2.2 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 10: Forno de Refusão

### 3.2.3 REVISÃO & 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 11: Posto de Revisão

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

### 3.2.4 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 12).

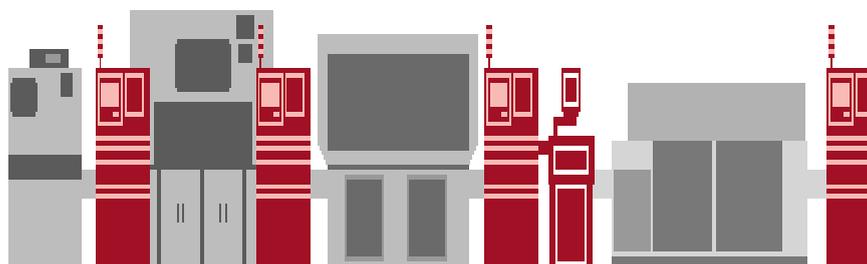


Figura 12: Equipamentos AOI

### 3.3 EQUIPAMENTOS PARA COMPOSIÇÃO SMT

As máquinas utilizadas para a manufatura SMT possuem alto grau de precisão e automação (Figura 12). 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.

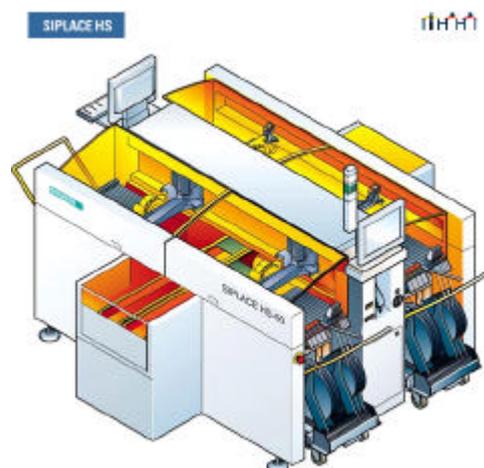


Figura 13: Exemplo de Máquina de Compôr Componentes SMT

Alguns fabricantes disponibilizam máquinas mistas com dois cabeçotes de montagem, um de alta precisão para componentes *fine-pitch*<sup>3</sup>, e outro cabeçote composto por um revolver (Figura 14) que apanha vários componentes simples (resistores, capacitores, diodos,...) de uma só vez para aumentar a velocidade de composição.

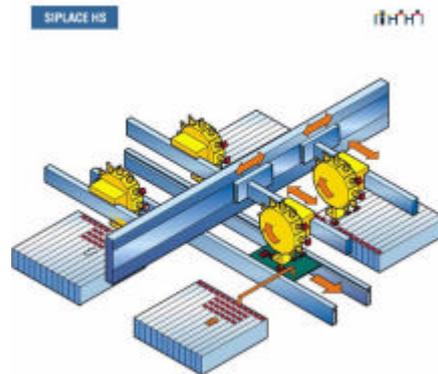


Figura 14: Cabeçotes de Máquina de Compôr Componentes SMT

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 15)

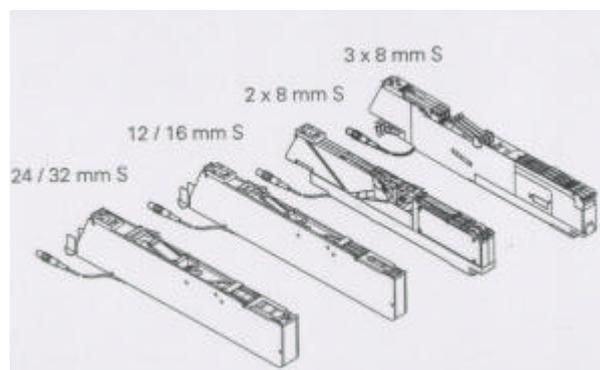


Figura 15: Alimentadores para Composição SMT

<sup>3</sup> 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 16).

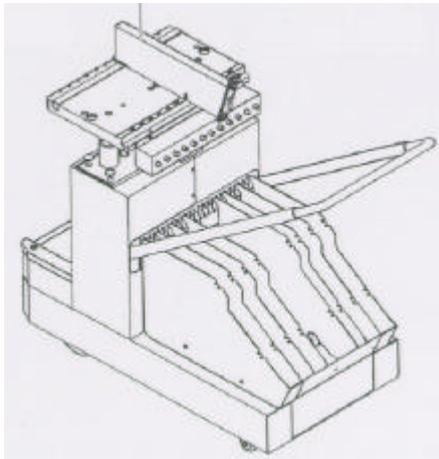


Figura 16: Mesas para Alimentadores

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<sup>4</sup>.

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*.

Por sua vez, o autor Lucas Filho (2001) apresenta uma crítica a algoritmos e heurísticas utilizados para resolução de problemas de *set-up* produtivos. O autor observa que tais algoritmos seriam limitados pelas constantes mudanças de cenários produtivos.

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 *set-up*. 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.

---

<sup>4</sup> 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.

Estratégias para o *set-up* na manufatura SMT são mencionadas por Ammons, Govindaraj e Mitchell (1988). Neste artigo 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*.

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.

Já Wang, Nelson e Tirpak (1999) propõem a utilização de algoritmos específicos para otimização do posicionamento de alimentadores, buscando um maior rendimento dos resultados do *set-up*. Os algoritmos genéticos são métodos genéricos para solução de problemas de otimização combinacional.

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.

## CAPITULO 4 – CONTROLE DE QUALIDADE NA PRODUÇÃO SMT

### 4.1 QUALIDADE SMT

No que se refere ao controle da qualidade de produção SMT, Akiyama (2002) comenta que a melhoria da qualidade de um processo SMT implica num sistema de controle que utiliza conferências e inspeções em etapas críticas de forma a diminuir os custos de fabricação. Segundo o referido autor, os métodos de conferência e inspeção mais utilizados são:

- Sistema de conferência manual na preparação de *set-up*;
- Sistemas de inspeção visual em etapas críticas tais como a serigrafia, montagem e solda;
- Sistema de inspeção automatizada (AOI) após as etapas de serigrafia, montagem e solda.

Os métodos de conferência e inspeção durante a montagem SMT garantem a qualidade dos produtos eletrônicos, reduzindo os custos de re-trabalho e reparo. É de extrema importância cumprir as metas de produção com custos competitivos enquanto se mantém a qualidade e a confiabilidade do produto. Os métodos de conferência e inspeção da montagem fornecem as informações necessárias para este esforço.

Toda falha e defeito no processo de produção têm associados um custo de não qualidade e estes só podem ser minimizados ou eliminados a partir da investigação da causa e conseqüentemente a tomada de ações corretivas. A não existência de instrumentos que permitam acompanhar o número de erros de preparação de equipamentos, os tipos de erros cometidos, os colaboradores que mais o cometem, os equipamentos e programas de montagem mais sujeitos aos erros, penalizam a qualidade em virtude da ineficácia em descobrirem-se às

causas dos defeitos, tendo-se conhecimento muitas vezes tão somente dos efeitos resultantes.

A partir da observação tão somente do efeito, os problemas tendem a reincidirem-se com muita frequência.

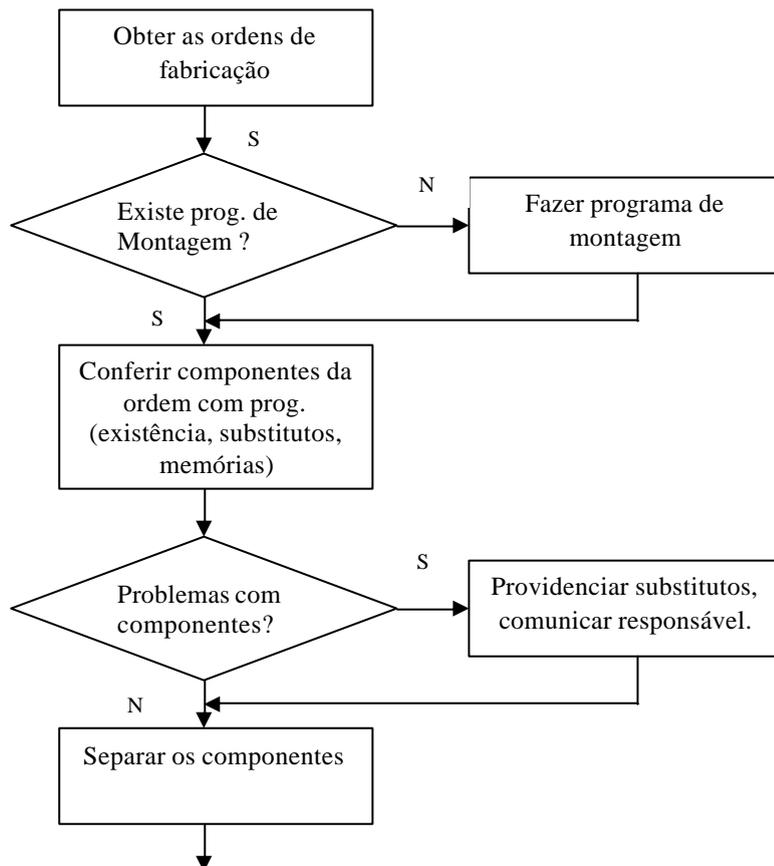
Embora os métodos de inspeção sejam vitais para a produção SMT, Akiyama (2001) cita que quase sempre, o aprimoramento dos processos de inspeção não reduz o grande número de defeitos gerado por *set-ups* em equipamentos de produção em larga escala. Caso a etapa de preparação não seja corretamente executada, o tempo de reparo continuará aumentando em virtude de componentes errados ou faltantes.

Tal fato evidencia a urgência de soluções de apoio às atividades de preparação. Conforme preconiza Deming *apud* Walton (1992 p. 12) “*A empresa está pagando aos trabalhadores para que produzam defeitos e depois corrijam*”. Nesta mesma linha de raciocínio, Moura e Banzato (1996 p. 54) observam que “*Um dos melhores conceitos de qualidade e produtividade é a “perda zero”, motivo pelo qual o tempo que se gasta no set-up do equipamento pode ser considerado um ponto relativo à qualidade e a produtividade*”.

#### 4.2 PREPARAÇÃO, TROCA E CONFERENCIA DE SET-UP SMT

Magnell (2002) descreve que a grande variabilidade de produtos a serem produzidos aumentou a importância das etapas de *set-up*. Com o aumento de componentes por placa, as tarefas tornaram-se ainda mais complicadas. Uma placa SMT pode facilmente conter 1000 componentes, geralmente com 100 tipos diferentes, que podem ser montadas em máquinas com capacidade de montagem de até 54 mil componentes por hora (ou 15 componentes por segundo). As altas capacidades das linhas SMT podem ser prejudicadas por etapas lentas de preparação uma vez que as linhas podem ficar ociosas enquanto esperam por estes processos.

Para seu funcionamento, as linhas de manufatura SMT precisam ser configuradas para o tipo de placas que irão produzir. As máquinas devem ser desabastecidas de programas, componentes e alimentadores utilizados em ordens anteriores, sendo re-configuradas para as novas exigências. Basicamente, as etapas para a preparação de *set-up* seguem o fluxo a detalhado a seguir:



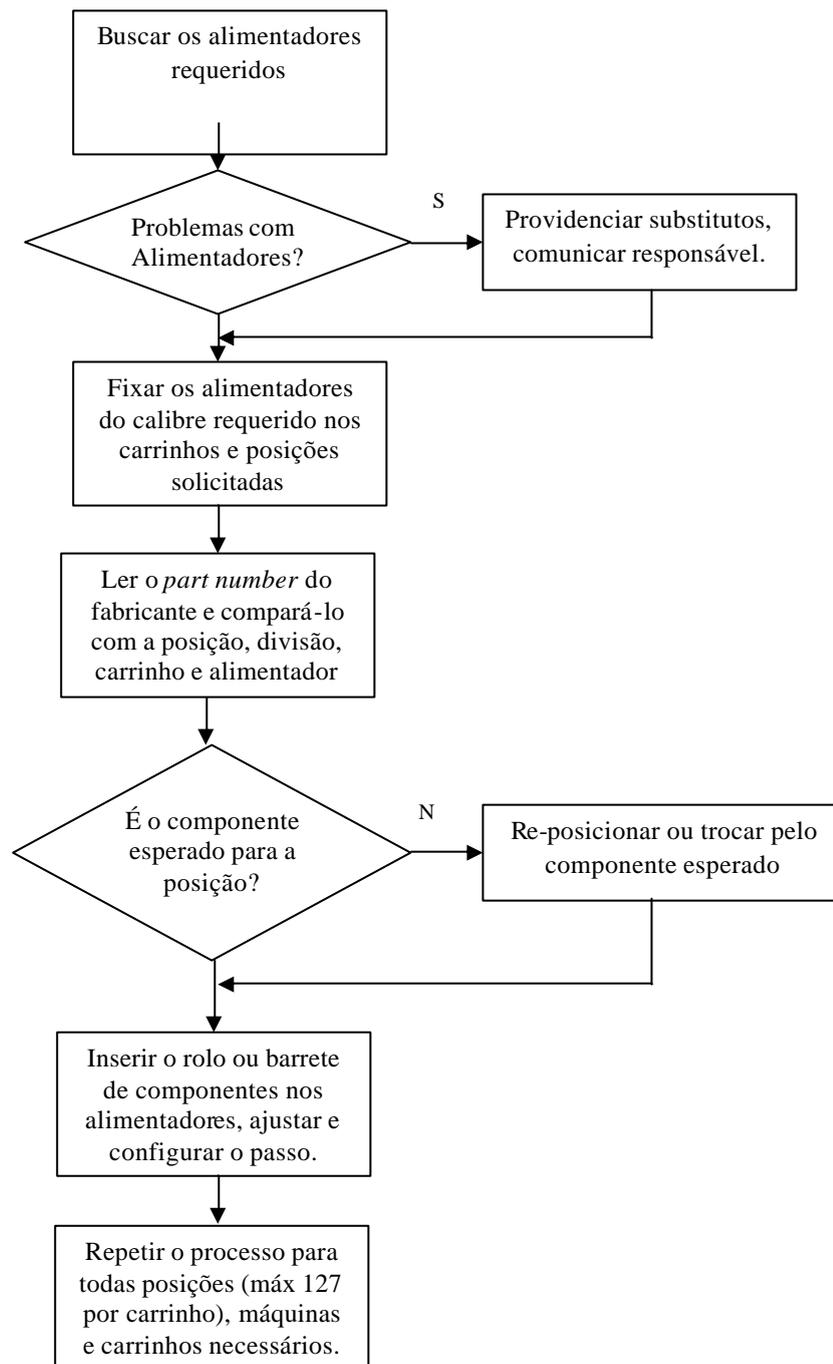


Figura 17: Fluxograma para Preparação de *Set-up*

As leituras e identificações de *part number* se dão pelo confronto das informações existentes nas ordens e programas de produção diretamente com as etiquetas de fabricantes. Deste modo, procede-se com uma verificação seqüencial componente a componente, buscando consistir visualmente os dados

requeridos para a montagem. Tal processo deve ser realizado com muita atenção, uma vez que o *part number* das etiquetas possam apresentar diferenças mínimas de escrita, mais que representem componentes com capacidades, tolerâncias ou tipos completamente distintos. Um exemplo de etiqueta com *part number* pode ser observado na figura a seguir:



Figura 18: Etiqueta SMD com *Part Number*

As etiquetas de códigos de barras dos fabricantes podem ser aproveitadas em benefício às etapas de preparação. Destaca-se, entretanto, a necessidade de equipamentos e colaboradores preparados para reimpressão de etiquetas danificadas de fabricantes (substituições), bem como para a colagem da etiqueta em rolos de componentes onde se façam necessário. Em virtude do alto número de componentes presentes nos estoques SMT, a colagem de etiquetas exigirá uma atenção especial para que não ocorram trocas durante o processo.

O fato é que todas estas operações de *set-up* consomem tempo, requerendo exaustivas interações por parte das equipes de preparação, levando horas e até dias para serem completadas, conforme a disponibilidade de componentes, alimentadores e linhas de montagem, contendo processos que podem ser adiantados e realizados com as máquinas em funcionamento (tais como a localização de componentes e o seu abastecimento em carrinhos de reserva) e com as máquinas paradas (preparação de *conveyors*, fixação de carrinhos, submissão de programas para montagem, ajustes e configurações para o estabelecimento do regime de produção inicial das linhas). Geralmente de 3 a 8

peçoas são envolvidas no processo, conforme a complexidade do *set-up*, para cumprir as etapas descritas,

A conferência de *set-up*, conferindo as características, tipos de componentes, alimentadores, posições e componentes esperados leva 50 minutos em média para ser realizada com êxito, para uma máquina de composição por uma única pessoa. Cada etapa deve ser devidamente assistida para obtenção dos melhores rendimentos para a manufatura.

#### 4.3 IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS DO SET-UP SMT

De forma a compreender como as etapas de *set-up* interferem no processo de manufatura SMT, procurou-se identificar os principais problemas agrupando-os em falhas de montagem e erros de preparação SMT.

#### 4.4 PRINCIPAIS FALHAS DE MONTAGEM SMT

Para Vi\_Technology (2004) e Smtinfocus (2004), as falhas com ocorrência mais freqüente durante a manufatura SMT:

- Falhas de serigrafia

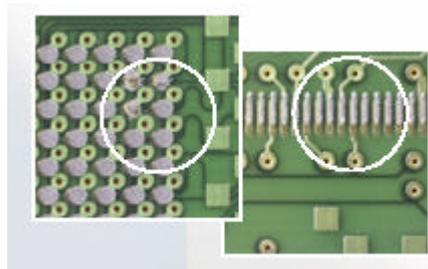


Figura 19: Falhas de Serigrafia

Falhas resultantes do excesso ou falta de pasta de solda devido a erros de operação de equipamentos de serigrafia ou equipamentos defeituosos ou não calibrados. Estas falhas contribuirão para erros de manufatura, devendo ser detectadas por inspeções visuais ou de equipamentos automatizados AOI, após a etapa de serigrafia.

- Falhas de deslocamento de componentes

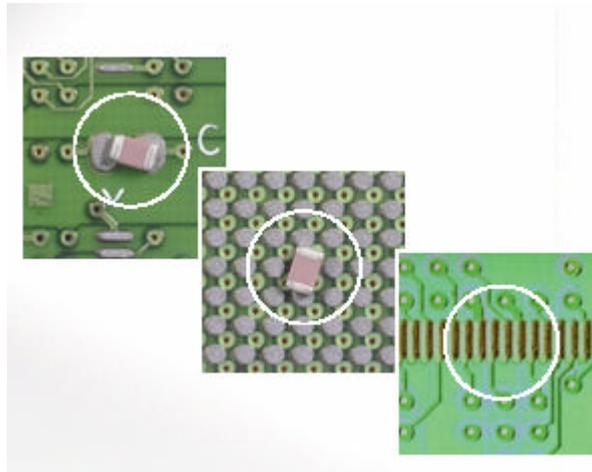


Figura 20: Falhas de Deslocamentos

Falhas ocorridas durante a fixação dos componentes na pasta de solda, na etapa de composição SMT. Em virtude das reduzidas dimensões dos componentes SMT, qualquer desbalanceamento dos cabeçotes de composição SMT pode resultar em falhas de deslocamentos.

- Falhas de curto-circuito em circuitos do tipo *Fine-Pitch*

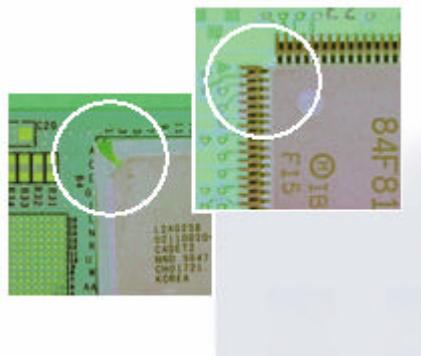


Figura 21: Inspeção de Fine-Pitch

Falhas geradas por deslocamentos de componentes quando na composição de componentes que possuem distância entre terminais muito próxima. Devem ser detectadas após a composição e na montagem final por inspeções visuais ou equipamentos específicos (*X-Ray*).

- Falhas de Solda

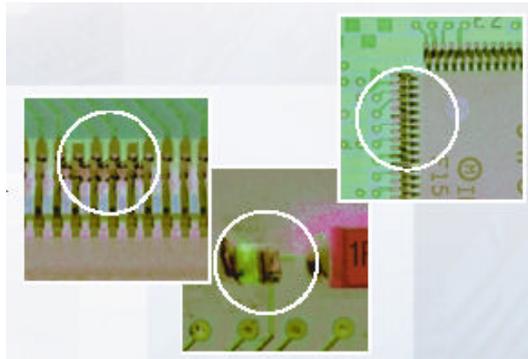


Figura 22: Inspeção de Solda

Falhas ocorridas na etapa de refusão, onde excesso de solda pode gerar curto-circuito. Falhas detectadas após a etapa de refusão por inspeções visuais ou equipamento automatizado AOI.

- Falta de Componentes

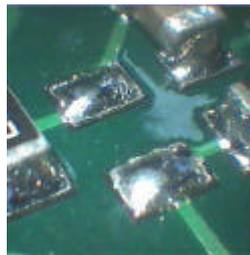


Figura 23: Falta de Componentes Durante a Montagem

Falhas ocorridas por erros de preparação, perdas de componentes pelos cabeçotes dos equipamentos de composição, etc. Falhas que deveriam ser detectadas por inspeções visuais, AOI durante a montagem ou nas etapas finais do processo SMT.

- Componentes Invertidos

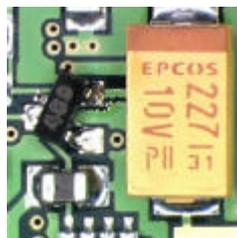


Figura 24: Componentes Invertidos

Falhas ocorridas por erros de preparação, difíceis de serem detectadas em virtude das dimensões dos componentes. Faz-se necessário detectar estas falhas

após a etapa de composição através de inspeções visuais ou através de equipamento AOI. Sem dúvida, as falhas de montagem interferirão no processo de manufatura SMT ao trazer prejuízos de não-qualidade tais como:

- Montagem incorreta de placas;
- Custos de perda de componentes;
- Custo de operações de reparo;
- Custos de atraso na entrega;
- Custos de pausas na montagem;

Outros fatores que contribuem para a ocorrência de falhas em manufatura SMT:

- Os componentes SMD possuem dimensões reduzidas, não utilizando carimbagem que permita uma fácil identificação visual, colaborando para que falhas de trocas de componentes ocorram;
- O número de componentes utilizados geralmente é alto (mais de 4000 componentes), dificultando a sua localização e identificação;
- O resultado da produção se dará em função da qualidade presente no *set-up*;
- As linhas de produção produzem um rápido resultado, requerendo uma alta qualidade da preparação;
- Embora muitas dessas falhas sejam passíveis de serem detectadas por equipamentos de inspeção AOI, nem sempre será possível fazê-lo em função dos custos dos equipamentos (aproximadamente U\$250.00,00 por unidade, dependendo das funcionalidades do equipamento). O número de equipamentos AOI necessários para cobrir todas as etapas de manufatura é outro fator de impedimento para a disseminação desta tecnologia.

Os erros ocorridos geralmente são anotados em papel e repassados posteriormente para planilhas, onde possibilitarão a geração de dados de acompanhamento.

#### 4.5 ERROS DE PREPARAÇÃO DE SET\_UP

Por tratar-se de um ambiente que demanda alta flexibilidade para atendimento aos clientes, onde montagens de lotes com diversos tamanhos devem ser suportadas com eficácia e agilidade, é comum ter-se uma alta uma alta frequência de troca de componentes para a manufatura. Tal fato requer uma excessiva atenção às atividades manuais e demais interações humanas envolvidas no processo. Exige-se, deste modo, uma grande eficácia das equipes de produção e a constante busca de aprimoramentos que venham a eliminar erros do processo.

Para Baptista (2000), isso ocorre uma vez que a forte responsabilidade na melhoria do desempenho e em seus desdobramentos faz com que processos internos devam ser desenvolvidos, implantados e aprimorados. E embora haja o aumento da complexidade das montagens eletrônicas, a taxa de defeitos relativos deve diminuir de modo a manter aceitáveis os rendimentos da produção.

Ao mesmo tempo em que a complexidade aumenta, se torna maior o desejo pelo zero defeito, conforme Wassink e Verguld (1995). Uma das formas de se garantir isso se dá por uma acurada conferência de *set-up* quando na preparação das máquinas de compor componentes SMT.

A conferência de *set-up* é uma questão crítica, em virtude dos problemas que acarreta para a qualidade dos bens produzidos e para o *lead time* produtivo, estando sujeita a vários problemas tais como (Tabela 5):

Problema	Motivo	Resultado
Inversão de posição de componentes	Falta de acuracidade e fadiga visuais; Excesso de alimentadores e posições de fixação que devem ser conferidas durante o <i>set-up</i> .	Montagem incorreta de placas / lotes. Geralmente a identificação do erro ocorrerá nas etapas finais de inspeção ou no teste de sistema.
Inversão de componentes	Falta de acuracidade e fadiga visuais; Dificuldade para	Montagem incorreta de placas / lotes. Excesso de re-trabalho;

	<p>comparar o número de dígitos que identificam o <i>part number</i> dos componentes alimentados com os componentes exigidos no programa de montagem.</p>	<p>Alocação de vários colaboradores para re-trabalho; Aumento do <i>lead time</i>; Custos elevados (componentes, parada de linhas, horas de trabalho para inspeção e reparo)</p>
<p>Dificuldade para localizar os alimentadores necessários</p>	<p>Layout e dimensões do setor de manufatura; Existência de diversas linhas e máquinas; proximidade dos alimentadores já fixados nas máquinas, dificultando sua identificação e localização.</p>	<p>Atraso na produção; Aumento do <i>lead time</i> produtivo para o setor de manufatura e para os demais setores que esperam pelo resultado da mesma.</p>
<p>Dificuldade para localizar os componentes necessários</p>	<p>Layout e dimensões do setor de manufatura; Quantidade excessiva de componentes SMD no estoque; Componentes estarem fixados em alguma máquina de uma determinada linha.</p>	<p>Atraso na produção; Aumento do <i>lead time</i> produtivo para o setor de manufatura e para os demais setores que esperam pelo resultado da mesma.</p>
<p>Impossibilidade de concerto</p>	<p>Comprometimento da placa por montagens indevidas e de alto custo de reparo</p>	<p>Sucateamento</p>
<p>Excesso de tempo utilizado para preparação e conferência</p>	<p>Excesso de verificações e re-trabalhos</p>	<p>Prejuízos</p>

de <i>set-up</i>		
Problema detectado no cliente	Impossibilidade de identificação de falhas na etapa atual do processo	Custos elevados; Prejuízos com transporte; Prejuízos para imagem da empresa de manufatura

Tabela 5: Principais Problemas da Etapa de Preparação de *set-up*

Um dos objetivos deste capítulo foi o de apresentar as especificidades da manufatura SMT no que concerne problemas e erros ocorridos em suas etapas. Embora o grau de automação existente seja alto, ainda assim identificaram-se atividades propensas a erros humanos. As atividades de inspeção realizadas na preparação se enquadravam nesta categoria, ao consistirem de inspeções visuais da aparência dos componentes alimentados.

#### 4.5 BUSCA DE PROPOSIÇÕES

A busca de uma resposta possível à questão central serviu para entendimento das implicações existentes neste tipo de manufatura. Cada nova interação com os colaboradores e processos fomentaria certos desdobramentos para a questão principal, sendo formulados como perguntas conforme exemplo a seguir (GIL, 2002) :

- Por que o processo de *set-up* está sujeito a grande variação de confiabilidade embora as equipes de preparação possuam pessoas experientes nas suas atividades ?

Para responder a este questionamento cabe observar que a atividade de preparação é realizada por equipes. Nas empresas observadas, os treinamentos dos colaboradores iniciantes são realizados *on the job*, sempre assistidos por colaboradores experientes. Estimula-se um forte acompanhamento do trabalho dos colaboradores iniciantes, uma vez que montagens erradas serão atribuídas ao grupo como um todo. A escolaridade dos integrantes dos grupos parece não interferir na execução das atividades, uma vez que a própria empresa fornece

cursos para o desenvolvimento acadêmico, de operação de micro-computadores, soldagem e reparo de placas eletrônicas. Cada colaborador, antes de integrar um grupo, deverá permanecer um período revisando e reparando módulos, para que adquira conhecimento e habilidade com a tecnologia que irá trabalhar. A monotonia na execução de operações repetitivas, a fadiga visual dos colaboradores e principalmente os problemas pessoais, parecem ser os principais fatores que prejudicam a confiabilidade do processo, gerando grande instabilidades nos resultados esperados para a manufatura.

● Como prover o controle robusto deste processo produtivo, diminuindo os erros humanos, ao apoiar as equipes de preparação de *set-up* com novas sistemáticas e soluções ?

Para diminuição de erros humanos, Juran (1992b) propôs algumas soluções descritas a seguir (Tabela 6):

Erros Ocorridos	Sugestões para Resolução
Erros provenientes de má interpretação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definição precisa; criação de glossários</li> <li>• Aplicação de lista de verificação</li> <li>• Utilização de exemplos</li> </ul>
Erros de inadvertência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reorganização do trabalho para reduzir fadiga e monotonia</li> <li>• Implementação de dispositivos à prova de falhas</li> <li>• Utilização de mecanismos de redundância</li> <li>• Automatização dos processos</li> </ul>
Erros provenientes da falta de técnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Divulgação de técnicas de apoio</li> <li>• Retreinamento</li> </ul>
Erros conscientes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remoção da atmosfera de culpa que propicia às pessoas a esconderem os erros</li> <li>• Conduzir auditorias da qualidade de maneira a monitorar este problema</li> </ul>

Tabela 6: Tipos de Erros Humanos e Soluções Propostas.

Adaptado de Juran (1992b)

Percebe-se, assim, que os erros de *set-up* encontram-se principalmente na classificação de erros de advertência. Para tratamento deste tipo de ocorrência, soluções que buscam a viabilização de um controle robusto serão discutidas adiante.

- Como deixar o processo de *set-up* estável quanto à qualidade, ainda que se tenham demandas inesperadas de produção que exigem preparações rápidas?

Para Akiyama (2002) a melhoria da qualidade de um processo SMT implica num sistema de controle que utiliza conferências e inspeções em etapas críticas de forma a diminuir os custos de fabricação. A manutenção da qualidade requer uma sistemática disciplinada de treinamento com o comprometimento e dedicação intensa dos participantes. Os avanços tecnológicos deverão ser utilizados na busca da sustentação de níveis competitivos de qualidade, ao alterar processos críticos, fornecer condições técnicas, flexibilidade e habilidade para trabalhar com rapidez e confiabilidade.

- Como disseminar uma solução de apoio para todas linhas de montagem, beneficiando todas equipes de preparação de *set-up* ?

As linhas de montagem geralmente possuem um espaço reduzido, repleto de máquinas e equipamentos necessários à produção. Deve-se prever soluções compactas, ergonômicas e que apoiem a mobilidade entre as máquinas e linhas de composição. Algumas soluções de apoio serão melhor detalhadas a seguir. Os apêndices B e C sugerem demais proposições passíveis de serem inquiridas junto aos preparadores e responsáveis de área.

## **CAPITULO 5 – ANÁLISE DE SOLUÇÕES POTENCIAIS PARA CONFERÊNCIA DE SET-UP**

### **5.1 DESCRIÇÃO DAS SOLUÇÕES**

Se num passado próximo, a utilização de apontamentos de falhas de forma escrita e as verificações visuais eram os principais meios para acompanhamento dos processos de manufatura, necessidades de atualização tecnológica e a busca de confiabilidade e agilidade nos processos têm levado a adoção de sistemas de informação cada vez mais complexos para suportar os processos de negócio.

Uma vez que a manipulação dos diversos recursos necessários à preparação de *set-up* consome tempo, sendo sujeita a experiência, atenção e base de decisão dos preparadores, pretende-se pesquisar a eficácia da tecnologia da informação na busca de um controle robusto para garantia da qualidade e dos tempos de preparação. Isso se fará, comparando possíveis soluções implementáveis da tecnologia de informação.

Dado este cenário, faz-se necessário à definição de elementos conceituais relevantes sobre a tecnologia de informação.

Para Albano (2001), tecnologia de informação é o conjunto de hardware e software que desempenha uma ou mais tarefas de processamento de informações, tais como coletar, validar, transmitir, estocar, manipular e exibir dados, abrangendo computadores, redes de comunicações e diversos dispositivos para processamento inteligente. Ainda segundo o autor, os sistemas de informações podem ser definidos como um conjunto de componentes inter-relacionados trabalhando juntos para coletar, recuperar, processar, armazenar e distribuir informações com a finalidade de facilitar o planejamento, o controle, a coordenação, a análise e o processo decisório em empresas.

Kotler (1996), expande os conceitos relativos a tecnologia de informação ao abranger pessoas e procedimentos. Os sistemas de informação compõem a tecnologia de informação ao utilizarem hardware e software facilitando o controle e acompanhamento dos processos, produzindo relatórios estruturados e sumarizados.

A tabela 7 resume os principais tipos de sistemas de informação, reunindo exemplos de sua aplicabilidade nas áreas de vendas e manufatura.

<b>Tipo de Sistema</b>	<b>Área de Vendas</b>	<b>Área de Manufatura</b>
Sistemas de automação de escritório. Provêm um meio eficaz para processar dados, realizar cálculos e criar documentos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planilhas para análise de preços</li> <li>• Processador de texto para criação de contratos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planilha para análise da programação de produção</li> <li>• Processador de texto para geração de solicitações de reparos em equipamentos</li> </ul>
Sistemas de Comunicação. Auxílio para troca de informações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-mail e fax utilizados para contatar clientes</li> <li>• Videoconferência para apresentação de novos produtos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• E-mail para discussão de problemas em equipamentos</li> <li>• Videoconferência para coordenar esforços de manufatura</li> </ul>
Sistemas de Processamento de Transação. Coletam e armazenam transações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de ponto de venda para transação de venda</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controle do andamento do trabalho em processos fabris.</li> </ul>
Sistemas de Informações Gerenciais. Provêm informações para monitoramento do desempenho e gerenciamento fabril.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relatório com consolidação de vendas por produto e região</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relatório de produção semanal segundo técnica e tipo de produto</li> </ul>
Sistemas de Suporte a Decisão. Possibilitam o auxílio à tomada de decisões por ofertarem ferramentas de apoio.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas de auxílio a vendas que geram diferentes alternativas e propostas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema que exibem as prioridades atuais de um operador de máquina</li> </ul>
Sistemas de Execução. Sua finalidade é suportar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas geradores de</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas que asseguram que os requerimentos dos</li> </ul>

<p>diretamente o trabalho de valor agregado</p>	<p>ofertas de leilões</p>	<p>clientes sejam executados satisfatoriamente em células de produção. Sistemas de diagnóstico de falhas em equipamentos</p>
---	---------------------------	--

Tabela 7: Principais Tipos de Sistemas de Informação  
Adaptado de Alter (1996)

Muitos sistemas de informação disponibilizados para venda no mercado podem exigir altos investimentos para sua aquisição ou mesmo não atenderem todas as expectativas dos clientes, devendo ser adaptados, caso possível. Tal fato faz com que as empresas nem sempre venham a comprar pacotes de sistemas prontos, preferindo desenvolvê-los de modo a obter soluções inexistentes no mercado ou soluções adaptadas à sua realidade. As pesquisas para confronto entre soluções do mercado e soluções que poderiam ser desenvolvidas, formam uma base de conhecimento de valor para o meio produtivo. Independente da solução a ser escolhida, deve-se conhecê-las de modo a poder explorá-las melhor.

É importante lembrar que tais soluções são consideradas sistemas de informação estratégicos porque se concentram em resolver problemas relacionados à manutenção da prosperidade da empresa a médio e longo prazo.

No que refere-se a manufatura SMT, os objetivos da utilização de sistemas informatizados para etapa de *set-up* serão prover as proposições preconizadas pelos sistemas de execução e de suporte a decisão, especificados na tabela 7.

Demais objetivos :

- Eliminar a variabilidade das preparações do processo de preparação de *set-up*, estabilizando;

- Reduzir os *lead times* envolvidos nos processos;
- Reduzir o tempo necessário para localização de componentes;
- Automatizar a verificação de tarefas evitando riscos de montagens incorretas;
- Diminuir o número de colaboradores envolvidos nas etapas de preparação e conferência;
- Prover a conferência de *set-up* para todas máquinas e linhas existentes na planta de manufatura;
- Eliminar conferências visuais para os componentes, permitindo que a conferência seja realizada por coletores de dados ou leitores óticos de códigos de barras, realizadas sobre os componentes e posições de montagem, alimentadores, carrinhos e linhas envolvidas.

Optou-se por estudar diferentes tecnologias, que associadas a re-engenharia dos processos, trariam ganhos expressivos de acuracidade e tempo utilizado para a tarefa, conforme tabela 8.

Soluções Pesquisadas
Alimentadores Especializados para Conferência de <i>Set-Up</i>
Utilização de Redes Locais <i>Wireless</i> para Conferência de <i>Set-Up</i>
Utilização de Leitores Óticos para a Conferência de <i>Set-Up</i>

Tabela 8: Conferência de *Set-up* – Soluções Pesquisadas

As tecnologias estudadas, tais como a do emprego de redes locais para apoio a conferência de *set-up*, exigem uma fundamentação teórica quanto ao funcionamento de redes locais *wireless* e de seus componentes. Tal fundamentação será apresentada em capítulos posteriores. A primeira tecnologia pesquisada foi a de conferência de *set-up* por leitores integrados aos próprios alimentadores, solução esta ofertada pelo mercado.

Em virtude dos custos envolvidos para certas soluções, optou-se por pesquisar referências sobre coletores de dados associados a redes de comunicação sem fio, por meio da qual seria possível obter e conferir dados dos componentes utilizados no processo, minimizando erros humanos ao adotarem os princípios de detecção e de facilitação. Buscando uma alternativa ainda mais econômica foram realizadas pesquisas para empregar, na conferência dos dados, leitores de códigos de barras com estrutura cabeada.

As características, benefícios e limitações das tecnologias pesquisadas serão descritas a seguir.

## **5.2 ALIMENTADORES ESPECIALIZADOS PARA À CONFERÊNCIA DE SET-UP**

A existência de diferentes tipos de máquinas de composição, com diversos calibres e modelos de alimentadores penalizam o desenvolvimento de uma solução global para conferência de *set-up*. As soluções são escassas, seguindo uma mesma linha de implementação: desenvolver alimentadores próprios, provendo-os com leitores de códigos de barras, associados a soluções por software para verificar se os componentes esperados estão fixados nas posições esperadas. Utilizam-se softwares específicos do fabricante indicando qual componente, posição, alimentador e máquina de compor utilizará um componente.

O monitoramento da presença ou falta de componentes é tratado para cada alimentador através de câmeras digitais e softwares de apoio, tornando possível identificar erros de preparação.

Um exemplo desta solução é tratado por Tracexpert (2004), podendo ser observado na figura abaixo.



Figura 25: Alimentador com leitor de códigos de barras embutido

### 5.2.1 VANTAGENS PARA UTILIZAÇÃO

Vantagens para utilização deste equipamento:

- Identifica erros de preparação;
- O sistema possibilita um aumento da qualidade do processo;
- Capacidade de identificação de componentes erroneamente abastecidos, podendo efetuar pausas nos equipamentos de montagem para correções;
- O sistema efetua suas tarefas em tempo real.

### 5.2.2 LIMITAÇÕES PARA UTILIZAÇÃO

Apesar da sua funcionalidade, existem limitações para esta solução:

- Disponibilidade dos alimentadores para todos os calibres;
- Disponibilidade de alimentadores para todas as linhas de equipamentos, incluindo equipamentos tidos por obsoletos.
- Solução de software proprietária, impossibilitando a integração com outras soluções de software existentes, tais como a de sistemas de

dedicados, que possuem os dados de ordens e componentes necessários à montagem.

- Alto custo para troca de alimentadores originais de máquina pela solução apresentada (mais de US\$2500,00 por alimentador, comparado ao custo médio de U\$500,00 para alimentadores originais). Cabe mencionar que uma empresa de porte para manufatura SMT pode ultrapassar facilmente a quantia de dois mil alimentadores para produção SMT. Um grande número de alimentadores é necessário visando :
  - A gama de componentes existentes;
  - Reposição de alimentadores com problemas;
  - Atendimento a substituição de componentes com as mesmas características elétricas e eletrônicas mais que possuem diferentes dimensões exigindo alimentadores diferenciados;
  - Atendimento a preparações prévias para os próximos *set-ups* a serem montados.

A partir disso, muitas empresas buscam o desenvolvimento de soluções proprietárias, de menor custos, que permitam uma maior customização as necessidades de cada empresa. Para tal, outras soluções foram pesquisadas.

### **5.3 UTILIZAÇÃO DE REDES LOCAIS WIRELESS PARA A CONFERÊNCIA DE SET-UP**

A preparação dos equipamentos para a manufatura SMT exige diversas informações tais como dados de componentes, localização dos componentes no estoque, tipos de alimentadores utilizados, posições de montagem, ângulo para

montagem, equipamentos onde serão utilizados, etc, que devem ser disponibilizadas para as equipes de preparação.

Toda alteração em alguma característica presente nestas documentações, tais como a utilização de componentes substitutos, alteração de alimentadores, alterações de posições de montagem, devem ser rapidamente informadas aos preparadores sob pena de gerar erros na manufatura. A disseminação destas informações é indispensável para o processo produtivo. O acesso a informações atualizadas dos processos permite com que o sistema passe a contar com uma maior flexibilidade e eficiência. Dada às importâncias da utilização destas informações, novas tecnologias surgem com intuito de apoiar a sua disseminação, destacam-se as redes de comunicação de dados que utilizam cabos ou radiofrequência para transmissão de dados.

Tais tecnologias, quando associadas a leitores de códigos de barras e a dispositivos para coleta e disposição de dados com acesso por radiofrequência, infravermelho, ou outras formas de transmissão, podem agilizar os processos de preparação de *set-up*, eliminando erros com montagens incorretas. Isto se torna possível devido à capacidade de acesso a dados de montagem de forma *on-line*, possibilitando automatizar a conferência de componentes.

### 5.3.1 REDES LOCAIS - CARACTERÍSTICAS

Em relação a redes de computadores caminha-se para “um mundo sem fio”, onde dispositivos usam tecnologias de acesso que minimizam e mesmo dispensam uso de cabos e maximizam o acesso e compartilhamento de recursos através de radiofrequência, infravermelho, ou outras formas de transmissão. O crescente avanço da comunicação móvel tem propiciado alternativas aos tradicionais meios para transmissão de dados e um dos principais resultados disso tem sido o avanço das soluções “*wireless*”.

Muitas empresas querem disponibilizar informações atualizadas a seus funcionários, a qualquer momento, além do limite físico do ambiente. Em meio a

este cenário, novas tecnologias começam a se consolidar : a tecnologia de redes sem fio ou “*Wireless Local Area Network*” (WLAN) é uma delas.

Uma WLAN é um tipo de rede local que utiliza ondas de rádio de alta frequência em vez de cabos para comunicação e transmissão de dados entre os nós. É um sistema de comunicação de dados flexível, implementado como extensão ou como alternativa a uma rede local com fios em um prédio, ou um campus, observa Compaq (2003).

As WLANs permitem que de qualquer ponto da corporação o usuário se conecte similarmente às facilidades proporcionadas pelas redes cabeadas convencionais.

Leite (2003) informa que há uma tendência moderna de se implantar cada vez mais redes sem fio ao invés de redes com fio. Essa propensão é motivada tanto por aspectos da inviabilidade da instalação de redes com fio em certos lugares, como pelo barateamento dos equipamentos sem fio e da interoperabilidade oferecida pela tecnologia “*wireless*”. Enquanto as redes convencionais dependem das conexões a cabo, as redes sem fio usam sinais de rádio como meio de transmissão.

### 5.3.2 COMPONENTES PARA REDES WIRELESS

Existe similaridade entre os componentes para LANs convencionais ( cabeadas ) e para as redes sem fio. A mudança maior é observada pela substituição dos cartões de interface de rede “*Ethernet*” por seus similares com tecnologia “*wireless*”. Observa-se a ausência de cabos e conectores.

A composição de uma rede sem fio pode ser feita por computadores portáteis tais como “*notebooks*”, por “*palmtops*” ou microcomputadores convencionais. Para tal, existem interfaces de redes próprias e adaptadas aos equipamentos em questão.

Para os “*notebooks*” existem interfaces de rede sem fio para a interface PCMCIA, comuns a estes equipamentos. Para que um microcomputador

convencional tenha acesso à rede sem fio é necessário instalar uma interface de rede padrão PCI ou ISA. “*Palmtops*” possuem interfaces especiais de acordo com modelo. Em geral os fabricantes de redes sem fio possuem “kits” para montagem imediata de redes sem fio domésticas. A estes “kits” podem ser agregados outros dispositivos provendo uma grande expansibilidade do mesmo, apresentados na figura 26.



Figura 26: *Kit* para Redes Sem Fio

A seguir serão detalhados os componentes necessários à formação de uma rede sem fio convencional :

- Cartões de Interface de Rede Padrão PCMCIA

Interfaces padrão PCMCIA que capacitam computadores portáteis a participarem de uma rede sem fio. A antena para a transmissão de dados entre a interface de rede e um elemento denominado ponto de acesso ou “*Access Point*” (AP) está localizada na parte superior da interface de rede. Estas interfaces de rede sem fio, que pode ser observada na Figura 25, comportam-se como uma interface de rede “*Ethernet*” convencional.



Figura 27: Interface de Rede PCMCIA

- Cartões de Interface de Rede Padrão PCI / ISA

Possibilitam o acesso de microcomputadores convencionais a redes sem fio. Esta interface, representada na Figura 27, permitirá que o microcomputador da rede móvel tenha acesso aos recursos dos microcomputadores da rede fixa. Uma pequena antena diferencia as interfaces de rede “*Ethernet*” das sem fio.



Figura 28: Interface de Rede “Wireless” Padrão PCI

- Cartões de Interface de Rede para “*Palmtops*”

Os “*palmtops*” podem acessar os recursos da rede corporativa por meio de interfaces próprias sem fio apresentada na figura 29. Os “modems” sem fio embutidos são a nova tendência para os fabricantes de “*palmtops*”.

Estes equipamentos podem acessar banco de dados de grande porte através de aplicativos ou bibliotecas disponíveis por meio destas interfaces sem fio.



Figura 29: Interface de Rede “Wireless” para “*Palmtops*”

Tal facilidade é muito desejável aos desenvolvedores de aplicativos, que podem implementar aplicações dedicadas e que façam acesso imediato à base de dados disponíveis.

- Ponto de Acesso ( “*Access Point*” )

Compaq (2003) informa que a função deste dispositivo é conectar redes com fios e sem fios, permitindo aos clientes dos dois tipos de redes enviar e receber dados entre si. Cada AP aumenta o alcance e a capacidade total do sistema.

A Figura 30 identifica a interface “*Access Point*”, necessária a implantação de redes sem fio.



Figura 30: Interface “*Access Point*”

Uma rede WLAN pode teoricamente suportar um grande número de usuários. Para aumentar o número de usuários, basta incluir pontos de acesso na rede. Com a inclusão de pontos de acesso sobrepostos, definidos em frequências (canais) diferentes, a rede sem fio pode ser ampliada para acomodar usuários adicionais simultâneos na mesma área.

A figura 31 apresenta a topologia para implantação de uma WLANs :

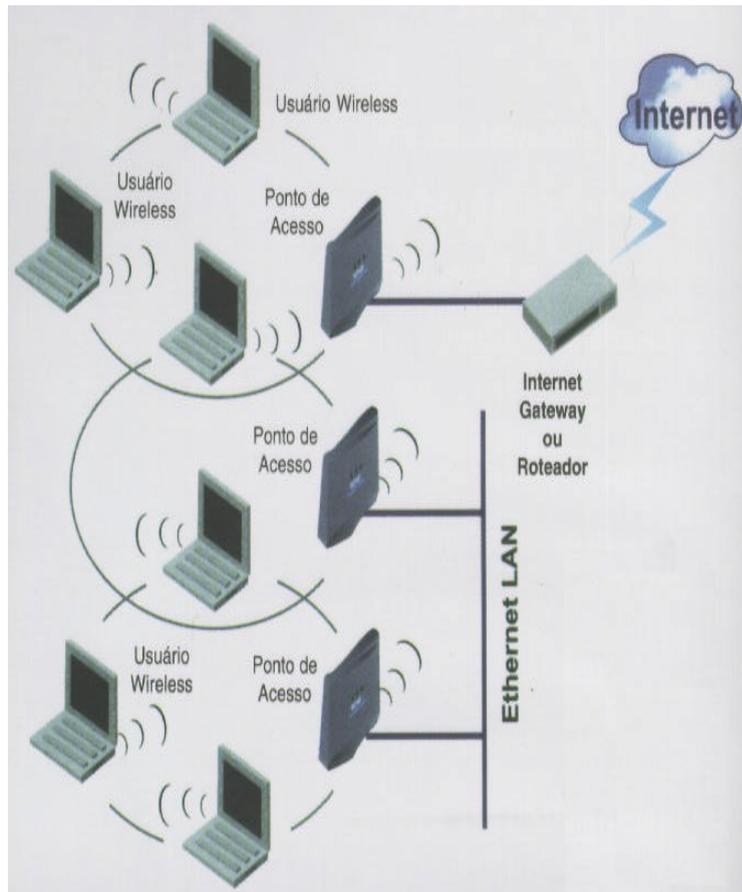


Figura 31: Topologia WLAN

### 5.3.3 CUSTO PARA IMPLANTAÇÃO DE REDES WIRELESS

Braun (2003) destaca que o custo para conexão com o cabeamento para uma nova rede pode chegar a U\$ 100,00 por ponto, sem contar o hardware necessário, enquanto que um equipamento “*Wireless AP 6000*” pode agregar até 63 usuários em rede por U\$ 599,00.

Os custos para implantação de redes “wireless”, ainda considerados altos, estão gradativamente decaindo. O custo varia de acordo com os diversos fabricantes e dispositivos a serem utilizados, conforme ilustra a tabela 9.

#### 802.11b - MultiPort Module



Baseado na tecnologia USB, que soluciona problemas de complexidade para integrar soluções wireless em microcomputadores. O 802.11b MultiPort, providencia interoperabilidade com produtos WLAN com velocidade de acesso de até 11Mbps, providenciando segurança na transmissão de dados através de encriptação a 128 bits e tecnologia WEP (Wired Equivalent Privacy).

**US\$189.00**

#### Wireless PC Card



Permite acesso da rede sem fio a redes cabeadas Ethernet. Pode ser usado em notebooks e iPAQ Pocket PC ( handheld ).

**US\$129.00**

#### Wireless PCI Adapter



Possibilita agregar microcomputadores desktop em redes sem fio. Designado para interfaces PCI ou ISA.

**US\$189.00**

#### Wireless USB



Permite acesso a redes sem fio e internet para microcomputadoores desktop e notebook com interface USB. Usuários podem facilmente ter conexões sem fio simplismente conectando o conector USB ao seu microcomputador.

**US\$169.00**

#### Wireless Home Office Gateway

Equipamento de gateway que prove conectividade para provedores de service internet



**US\$329.00**

permitindo que vários usuários compartilhem a mesma conexão de internet. Possibilita um compartilhamento a baixo custo para recursos como scanners, impressoras e arquivos em casas e pequenos ambientes.

---

#### Wireless SMB Access Point



**US\$489.00**

Dispositivo que atua como uma ponte entre a rede cabeada Ethernet e os clientes wireless. O WL410 suporta a encriptação de 128-bit através de tecnologia WEP (Wired Equivalent Privacy ).

---

#### Wireless Enterprise Access Point



**US\$899.00**

Dispositivo de bridge wireless provendo 10/100 Mbps de acesso Ethernet. Este estende a cobertura de redes sem fio, providenciando um fácil acesso a rede para vários usuários provendo mobilidade em localidades de difícil instalação de cabos. Suporta a encriptação de 128-bit através de tecnologia WEP (Wired Equivalent).

---

#### Bar Code Scanner with integrated WLAN Expansion Pack



**Scanner only – US\$499.00**

**Scanner & WLAN – US\$699.00**

Aumenta a versatilidade de equipamentos Pocket PC agregando a possibilidade de decodificação de códigos de barras uni-dimensionais. Este dispositivo pode conter um cartão de rede sem fio para acesso a redes Ethernet.

---

#### Wireless LAN Software Access Point



**US\$122.00**

Possibilita computadores conectarem-se a redes Ethernet atuando como um ponto de acesso. Possui encriptação de 64 ou 128-bits com tecnologia WEP (Wired Equivalent Privacy ).

## POCKET PC HANDHELD



Computador compacto de mão capaz de executar diversos aplicativos portados para o Windows CE. Possui diversos periféricos como leitor de código de barras e interface de rede sem fio para navegação na internet, acesso a facilidades de mail e acesso a redes Ethernet. Aplicativos desenvolvidos podem ser portados para o Windows CE através de bibliotecas próprias existentes para ambientes de desenvolvimento conhecidos como Visual C++ e Visual Basic.

US\$349.00 a US\$649.00

Tabela 9. Custos para Soluções *Wireless*

### 5.3.4 VANTAGENS PARA UTILIZAÇÃO

- Emprega dispositivos “*wireless*” que possibilitem o acesso remoto à base de dados;
- Favorece a mobilidade da equipe em diversas posições e carrinhos da linha para a conferência de *set-up*;
- Possui uma interface visual, onde os dados podem ser observados na tela do dispositivo;
- Os dispositivos podem ser programados para finalidades específicas;
- Não utilizam a estrutura de cabeamento estruturado;
- Diversos dispositivos podem acessar simultaneamente os dados de fabricação;

Os dados necessários à produção podem ser atualizados de forma on-line.

### 5.3.5 LIMITAÇÕES PARA UTILIZAÇÃO

- Os custos dos equipamentos são altos;
- Em ambientes fabris, sujeitos a interferências de equipamentos, obstáculos, grandes áreas, podem exigir que várias antenas (*access point*) devam ser instaladas, onerando a implantação;

- O desenvolvimento de programas para os dispositivos compactos que permitam o acesso à banco de dados corporativos, pode exigir licenças especiais de software, conforme o tipo de equipamento utilizado. O custo da licença de um ambiente de programação para dispositivos compactos pode ultrapassar U\$1000,00;
- A compra de dispositivos compactos padrão industrial, resistentes a impactos, quedas, podem representar um ônus de mais de U\$2500,00 por equipamento.

#### 5.4 UTILIZANDO LEITORES ÓTICOS PARA A CONFERÊNCIA DE SET-UP

Uma solução que agrega bons resultados para a conferência de *set-up*, ao permitir que conferências de *part number* sejam realizadas com um menor custo de aquisição de equipamentos, podem ser implementadas pela utilização de leitores óticos de códigos de barras com interface serial. Pode-se prover vários pontos das linhas de montagem SMT com leitores óticos conectados através de cabeamento estruturado a unidades para gerenciamento de múltiplas portas de comunicação serial.

Tal desenvolvimento poderá ser baseado no layout abaixo:

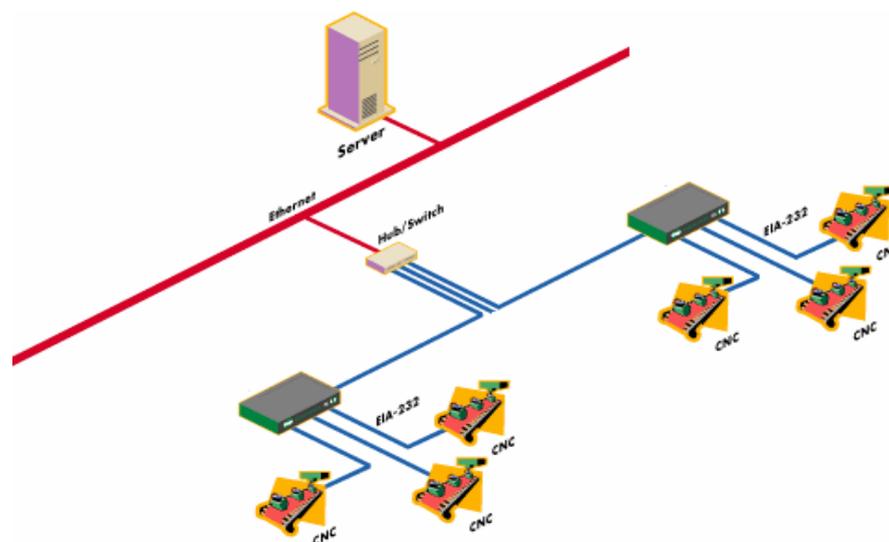


Figura 32: Leitores Óticos Distribuídos na Planta SMT

A solução mencionada compreende a distribuição de vários leitores óticos de códigos de barras em diversos equipamentos de montagem SMT (CNC). Cada leitor é conectado a unidades concentradoras seriais, podendo validar os dados dos componentes acessando a base de dados necessária para montagem que se encontra em um servidor.

Os custos que compreendem as soluções descritas:

- Custos com cabeamento da unidade concentradora até os leitores seriais;
- Custos com leitores seriais para códigos de barras. US\$185,00;
- Custos para unidade concentradora. US\$165,00.

#### 5.4.1 VANTAGENS PARA UTILIZAÇÃO

- Os leitores óticos de códigos de barras requerem um treinamento mínimo para sua utilização;
- Solução de baixo custo;
- Facilidade para manutenções locais dos equipamentos;
- Economicamente viável para aquisição de várias unidades de reposição (*backup*);
- Permite a utilização compartilhada para outras aplicações que utilizem códigos de barras.

#### 5.4.2 LIMITAÇÕES PARA UTILIZAÇÃO

- Utilizam cabeamento estruturado;
- Requerem manutenção do cabeamento estruturado quando na ocorrência de mudança de layout;

- Os leitores de códigos de barras devem ser posicionados de maneira a poderem ser utilizados por mais de um equipamento na linha de manufatura;
- Devem utilizar blindagem especiais em ambientes sujeitos a interferências eletro-magnéticas.

## CAPITULO 6 – SELEÇÃO DA SOLUÇÃO

### 6.1 CRITÉRIOS PARA SELEÇÃO

A alta incidência de operações de set-up proveniente de mudanças repentinas na seqüência de programação das ordens de produção, geralmente decorrentes da urgência no atendimento de determinado pedido, exige uma eficiente dinâmica das etapas de produção. A busca de critérios para seleção da solução utilizada, baseou-se em propostas que foram discutidas, analisadas e interpretadas pelos colaboradores e gerências envolvidos. Esse processo foi conduzido através de reuniões onde os participantes chegaram a um consenso para determinação dos critérios necessários a seleção da solução, bem como as prioridades (pesos) cabíveis à cada critério. Cada um dos critérios recebeu um peso entre 1 e 10, sendo o valor máximo igual a 10 e o mínimo igual a 1, conforme a sua importância para o processo de manufatura SMT. O objetivo desta atribuição é identificar a criticidade de cada critério. A partir da definição dos critérios com seus respectivos pesos, notas foram atribuídas para identificação da relevância de cada solução (Tabela 10). As notas parciais de cada critério multiplicados pelo peso do respectivo critério resultaram em uma nota final. A somatória das notas finais de cada solução revelou a classificação geral atribuída pelos entrevistados.

Os seguintes critérios foram definidos para seleção de solução:

1. Acesso *on-line*: Capacidade de disponibilizar as informações necessárias ao *set-up* de forma *on-line*, facilitando a tomada de decisão quando na ocorrência de mudanças de preparação;
2. Apresentação de Dados: Capacidade de apresentação de dados para geração automatizada de indicadores que demonstrem a eficiência das preparações de *set-up* aos colaboradores envolvidos;

3. Interfaces Visuais e Sonoras: Garantia de uma maior integridade durante a conferência de *set-up* ao prover facilidades visuais e sonoras;
4. Capacidade de programação: Capacidade de programação dos dispositivos para novas necessidades, possibilitando também compartilhar a sua utilização em outras finalidades;
5. Interrupção de Produção: Capacidade de identificação de componentes erroneamente abastecidos, podendo efetuar pausas nos equipamentos de montagem para correções;
6. Expansibilidade: Capacidade de integração da solução com outras soluções existentes, tais como a de sistemas informatizados que possuem os dados de ordens e componentes necessários à montagem;
7. Custos de Aquisição e Implantação;
8. Mudanças de *Layout*: Dificuldades encontradas quando em mudanças de layout;
9. Mobilidade: Mobilidade ofertada para utilização;
10. Identificação do Passo Atual: Possibilidade de identificação do passo atual da preparação, atuando sobre a Ineficiência da transferência de informações orais sobre a continuidade de *set-ups*, principalmente em trocas de turnos;
11. Facilidades de Substituições: Capacidade de a solução escolhida permitir a rápida substituição quando na ocorrência de falhas nas unidades de coleta;
12. Notificações: Capacidade para notificações *on-line*, à distância, quanto a parâmetros de equipamentos de composição e ordens de fabricação, ainda que o colaborador esteja momentaneamente distante dos equipamentos.

13. Disponibilidade no Mercado: Disponibilidade dos equipamentos no mercado para a seleção desenvolvida;

14. Aceitação Geral: Aceitação por parte dos colaboradores e demais integrantes da área gerencial.

A tabela 10 apresenta os resultados da pontuação dos critérios para cada solução pesquisada:

CRITÉRIOS	Pesos	ALIMENTADORES ESPECIALIZADOS		REDES WIRELESS		LEITORES ÓTICOS	
		Nota Parcial	Nota Final	Nota Parcial	Nota Final	Nota Parcial	Nota Final
Acesso <i>on-line</i>	6	10	60	10	60	10	60
Apresentação de Dados	7	0	0	10	70	7	49
Interfaces Visuais e Sonoras	5	0	0	10	50	5	25
Capacidade de Programação	5	0	0	10	50	5	25
Interrupção de Produção	10	10	100	0	0	0	0
Expansibilidade	9	0	0	10	90	10	90
Custos de Aquisição e Implantação	9	0	0	5	45	10	90
Mudanças de Layout	6	10	60	10	60	0	0
Tempo de Resposta	10	10	100	7	70	10	100
Identificação do Passo Atual	5	5	25	10	50	7	35
Facilidades de	5	5	25	10	50	10	50

Substituições							
Notificações	4	0	0	10	40	0	0
Disponibilidade no Mercado	5	5	25	10	50	10	50
Aceitação Geral	8	5	40	10	80	10	80
<b>TOTAL</b>			<b>435</b>		<b>765</b>		<b>654</b>

Tabela 10. Pesos e Notas Segundo Critérios de Seleção

O gráfico a seguir identifica os critérios e seus pesos atribuídos de modo a demonstrar os parâmetros que poderão impactar na decisão de seleção (Figura 33). Apesar do alto valor de peso atribuído aos critérios de tempo de resposta e interrupção de produção por parte dos envolvidos na manufatura SMT, a seleção da solução se dará pela colaboração de todas as variáveis que participam do processo.

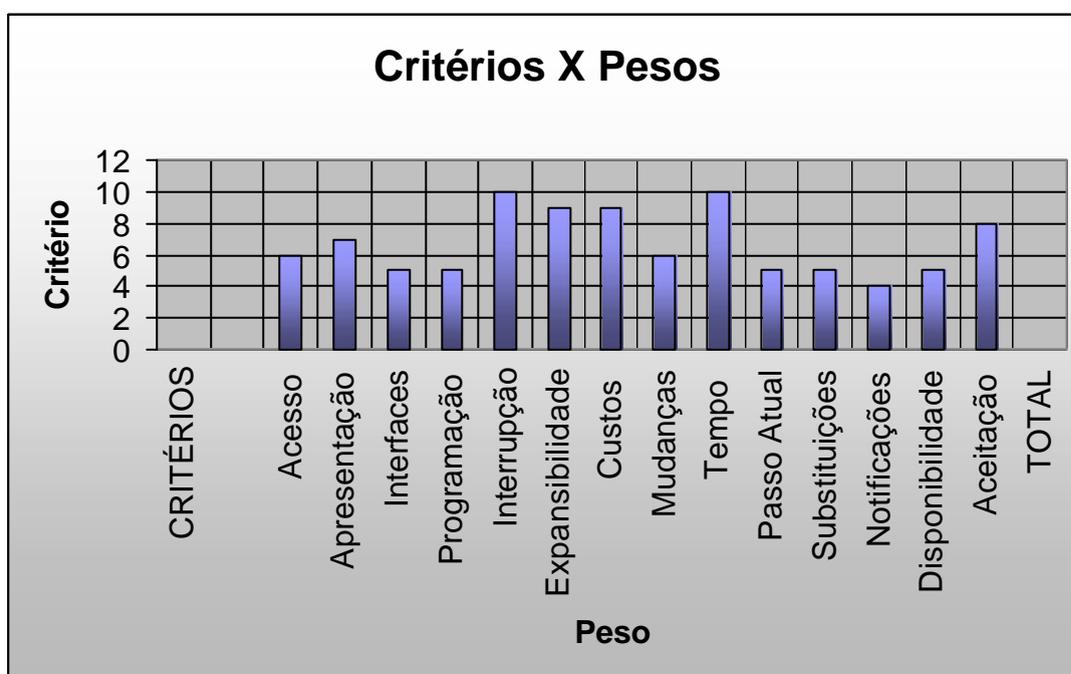


Figura 33: Critérios e Pesos Definidos

A matriz de seleção de solução torna-se importante nesta situação, pelo fato de buscar ordenar os parâmetros que levam a identificação das aspirações dos envolvidos, assegurando que a escolha atenderá os requisitos principais. As notas finais atribuídas a cada critério poderão ser vistas na Figura 34:

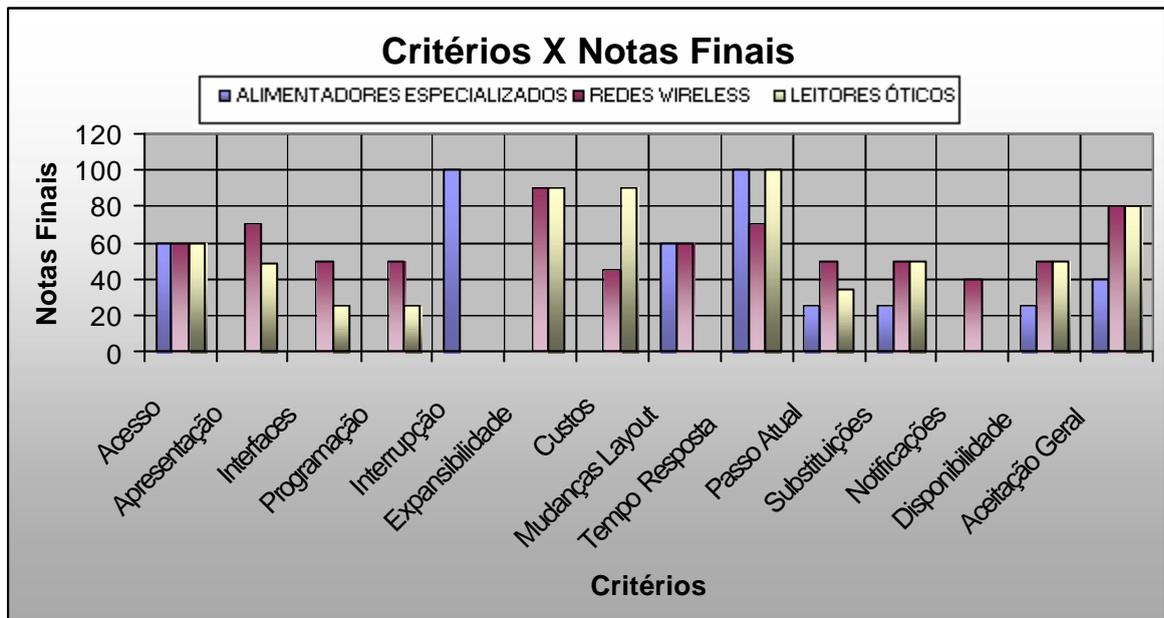


Figura 34: Critérios e suas Notas Finais

Com base nas pontuações recebidas, a solução baseada em redes *wireless* foi escolhida, seguida pela solução por leitores óticos (Figura 35).

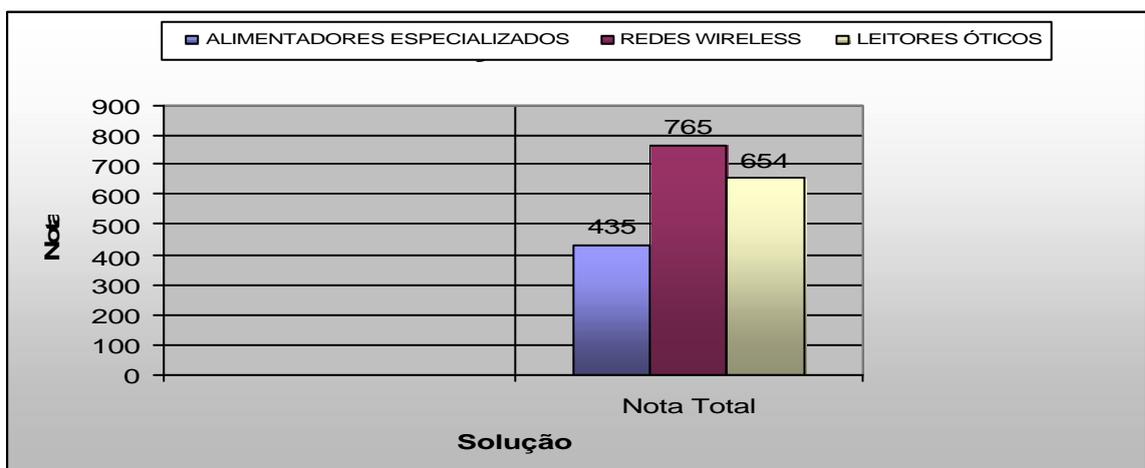


Figura 35: Notas Finais das Soluções

A regularidade da pontuação da solução de redes *wireless* para a maior parte dos critérios pode ser observada na figura 34. O critério de apresentação manteve-se como um dos mais importantes, tendo sido citado com maior intensidade, seguido principalmente pelo critério de programação. Embora o custo para a implementação de uma solução seja um critério de eliminação de alternativa a ser considerado, preferiu-se observar a ótica dos colaboradores quanto à escolha de uma solução mais adequada, bem como observar o desempenho das soluções melhor pontuadas no sentido de alcançar os resultados esperados pela produção. Neste sentido, foi necessário levantar os indicadores de desempenho utilizados pela manufatura SMT, de modo a verificar o desempenho das soluções frente ao ambiente fabril.

## CAPITULO 7 – INDICADORES E RESULTADOS ALCANÇADOS

### 7.1 INDICADORES UTILIZADOS

Visando identificar as oportunidades de evolução e estabelecer prioridades nas ações a serem tomadas sobre qualquer descontrole, as empresas de manufatura eletrônica utilizam-se de alguns indicadores de desempenho para monitoramento de seu processo produtivo:

1. Índice de retrabalho interno (%):

Mostra o desempenho em relação à quantidade de materiais que são refeitos ou retrabalhados, devido a alguma falha no processo produtivo;

2. Índice de sobre consumo (%):

Relata o desempenho em relação ao consumo de materiais, ou seja, entre o que é determinado no projeto de produto e o realmente gasto;

3. Índice de disponibilidade de máquinas (%):

Indica o desempenho em relação ao tempo que a máquina possui disponível para a produção;

4. Índice de acuracidade

Indica os resultados obtidos quanto à acuracidade produtiva, quando diferentes procedimentos ou técnicas são aplicados;

5. Índice de tempo médio de operação

Indica o tempo médio para as operações envolvidas na manufatura de forma a auxiliar a busca de recursos gargalos, para obtenção de máxima produtividade com menores perdas;

6. Índice de sucata (%):

Reflete o desempenho em relação à quantidade de material refugada, devido às falhas no processo produtivo (falhas operacionais, problemas no equipamento ou matéria prima);

Além dos indicadores propostos, um estudo comparativo entre níveis de acuracidade e o tempo médio para a conferência antes e após a aplicação de cada solução, foram tidos como os critérios mais relevantes para esclarecer o impacto das soluções propostas. Outros critérios tais como a redução do custo de mão-de-obra (através das tecnologias de informação propostas um menor número de colaboradores poderia preparar um maior número de *set-up*), embora importantes, não foram exaustivamente pesquisados nesta etapa. Tal fato deu-se uma vez que o desafio de pesquisar a tecnologia de manufatura SMT acompanhando seus processos, assimilando os conceitos e desenvolvendo soluções, demandou um tempo significativo. A partir de testes realizados, constatou-se que ambas as soluções trouxeram um grande impacto para a diminuição do tempo das atividades e acuracidade da etapa de preparação de componentes, se comparados aos tempos de preparação e conferência visuais. Expectativas quanto à facilidade de utilização e atendimento a diferentes linhas também puderam ser constatadas. Os erros de interpretação e inadvertência observados por Juran (1992b), foram reduzidos em decorrência da automação do processo. Os resultados alcançados, considerando uma máquina de composição preparada por uma única pessoa, serão descritos a seguir:

- Tempo de conferência médio para *set-up*, ao serem conferidos os tipos de componentes, alimentadores, posições, indicações do programa de montagem e componentes esperados durante a mesma, conferidos através de processos visuais: 50 minutos, com desvio de até 22 minutos para cima.
- Tempo de conferência médio para *set-up*, ao serem conferidos os tipos de componentes, alimentadores, posições, indicações do programa de montagem e componentes esperados durante a mesma, conferidos através

de dispositivos e redes *wireless*: 30 minutos, com desvio de até 7 minutos para cima.

- Tempo de conferência médio para *set-up*, ao serem conferidos os tipos de componentes, alimentadores, posições, indicações do programa de montagem e componentes esperados durante a mesma, conferidos através de leitores óticos de códigos de barras: 23 minutos, com desvio de até 6 minutos para cima.

As seguintes situações foram observadas para os demais índices descritos:

Os índices de retrabalho interno e de sobre consumo, em virtude de uma menor ocorrência de erros de preparação, sofreram reduções em até 12%. Cabe mencionar, entretanto, que diversas ações de melhoria contribuíram para tal, sendo estes valores específicos ao período, produtos e condições considerados.

O índice de disponibilidade de máquinas aumentou, pelas próprias características de automação das soluções quando comparadas a atividades que eram exclusivamente manuais, em até 8%. Os resultados apontados revelam a capacidade dos sistemas automatizados colaborarem para a diminuição dos tempos de preparação de *set-up*.

Estes valores de redução de tempo de preparação são extremamente significativos ao considerar-se a preparação de mais de 2000 *set-ups* ao ano. Os benefícios são vários, e vão desde a diminuição de custos internos até a liberação de colaboradores para outras tarefas mais rapidamente.

Para a variável acuracidade, observou-se a grande vantagem de dispositivos *wireless* uma vez que possuem visores ou telas que permitem acompanhar as etapas de conferência de *set-up* visualmente e mesmo emitir sinais sonoros. Os leitores óticos de código de barras apenas emitem sinais sonoros (*beeps*) como indicativo de leitura ou conferência de *set-up*, devendo-se estar atento a eles.

Durante o teste piloto, algumas dificuldades foram encontradas, conforme descreve-se a seguir:

- Para as redes *wireless*, uma das principais dificuldades se deu quanto à distância do ponto de acesso virem a prejudicar o sinal nos testes realizados, degradando-o. Tal fato interferiu no tempo de resposta da rede, conseqüentemente, no tempo de conferência de *set-up*. Percebeu-se que o posicionamento do ponto de acesso é vital em virtude do ambiente produtivo estar sujeito a muitas interferências para propagação do sinal;
- O ambiente de programação para dispositivos *wireless* é bastante novo, possuindo muitas limitações e erros internos. A depuração dos problemas gerados pelos dispositivos é lenta e com poucas fontes de apoio;
- O *kit* de rede *wireless* por nós adquirido, tendo em vista a implementação e experimento das soluções propostas, não possuía interfaces que funcionavam de maneira estável para o sistema operacional utilizado no ambiente produtivo. Foi necessário muito tempo para testar e instalar um sistema operacional que viesse a funcionar mais a contento para a solução utilizada;
- A configuração e instalação dos dispositivos *wireless* adquiridos não eram amigáveis requerendo um apoio técnico para tal;
- Foram necessários vários meses até que todas soluções fossem desenvolvidas, implantadas e testadas;
- Alguns colaboradores envolvidos no processo, a princípio relutantes quanto a mudanças, tiveram que ser motivados para participação e comprometimento. A motivação deu-se por parte da alta gerência, convencida de que pesquisas sobre o tema seriam necessárias para busca de possíveis resultados de melhoria;

- Acreditando que o aumento da produtividade que o sistema viesse a gerar poderia reverter-se em incentivos salariais, houve certa disputa entre alguns colaboradores para terem a solução primeiramente instalada em suas linhas.

Quanto a limitações, observa-se que os valores de tempo foram obtidos ao serem cronometradas as etapas de preparação, sendo os mesmos confrontados com documentações e levantamentos próprios do setor de manufatura. Os valores são aproximados, sendo específicos para o *mix* de produtos e contexto pesquisado. Entende-se, entretanto, que as conclusões obtidas no trabalho podem ser indicativas de aspectos gerais sobre o tema pesquisado, sugerindo diretrizes para futuros estudos.

Ao longo desta pesquisa pode-se explicitar questões pertinentes a manufatura SMT. Neste sentido, menciona-se que a obtenção de níveis satisfatórios de qualidade dos produtos parece estar fortemente associada ao desempenho das pessoas envolvidas na preparação, bem como na habilidade e experiência das mesmas quando na inexistência de mecanismos que possam fomentar o controle robusto dos processos de manufatura. Durante a coleta de dados, observou-se que as etapas de montagem SMT podem envolver vários colaboradores de diferentes turnos de trabalho, requerendo uma comunicação confiável e eficiente sobre qual ponto do processo deve ser continuado, uma vez que um grupo de colaboradores poderá começar um *set-up*, vindo outro a terminá-lo.

Observou-se ainda, que a sistemática para garantia de que uma conferência de *set-up* fora realizada ocorria por uma anotação indicando a data de sua realização, em qual linha fora aplicada e o responsável pela mesma. Não havia nenhum processo que assegura-se que a conferência de *set-up* fora realizada para todos componentes envolvidos. Pressupunha-se, antes de proceder com a montagem, que todos componentes em todas máquinas de

composição tivessem sido conferidos quanto à posição de montagem e carimbagem. A ocorrência de enganos durante a conferência visual e o esquecimento de inclusão de um componente gera resultados diretos na manufatura. Após as implementações dos modelos, os problemas técnicos decresceram.

No modo de trabalho anterior, realizado sem elementos da tecnologia de informação, nem sempre havia uma lembrança ou cuidado por parte dos colaboradores para apontamento dos erros ocorridos. A própria agitação do ambiente parece contribuir para que não aconteça, aliada a falta de soluções computacionais que capturem os dados de falhas na medida em que forem ocorrendo. As soluções propostas se mostraram imprescindíveis para tal, ao permitirem a coleta de dados de preparação para posterior análise. No modelo anterior, ainda que certos apontamentos falhassem, a maior parte dos preparadores procurava sanar rapidamente os problemas.

O *layout* dos setores de manufatura eram organizados de forma celular de maneira a facilitar o acesso e trabalho dos colaboradores. Entretanto, por dificuldades de ajuste no layout fabril, à distância do estoque de componentes SMT contribuía para acúmulo de tempos de deslocamento para busca de componentes, tempo este que não agrega valor ao processo de manufatura.

Menciona-se ainda que uma vez que os preparadores de *set-up* e os operadores de linha efetuam *job rotation* periódicos para troca e aprendizado de funções, qualquer um deles poderá apoiar a etapa de preparação quando na ocorrência de impedimentos presenciais. Ao ser adotada uma solução computacional, caso esta venha a falhar ou parar, pode-se efetuar o processo pela maneira de trabalho anterior. Destaca-se, entretanto, que certamente ocorrerão prejuízos de tempo e custo de preparação caso tenha-se optado por um contingente reduzido de colaboradores. Pode não haver um tempo hábil para a preparação em função do número de colaboradores disponíveis para as tarefas.

Os colaboradores aprovaram as soluções propostas. Tal fato foi inicialmente identificado pelo comportamento e percepção de interesse gerado nos entrevistados após algumas semanas de participações nos testes piloto. Posteriormente constatou-se o grau de satisfação dos envolvidos ao insistentemente solicitarem a aplicação, principalmente do modelo de comunicação *wireless*, para todas as linhas existentes.

Para fins de utilização, destaca-se ainda as características de portabilidade das soluções para qualquer modelo de linha de composição SMT, em virtude das soluções não se basearem em alimentadores específicos ou dedicados.

## 7.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstra a aplicabilidade de soluções informatizadas como apoio à preparação e redução do set-up em indústrias de manufatura eletrônica. Pela complexidade envolvida observou-se que os colaboradores não poderiam trabalhar com um grande número de itens eficientemente usando métodos simples. Era necessário dispor facilidades informatizadas para os colaboradores de modo a agilizar os processos e evitar custos. Observou-se que a perda da competitividade das empresas deve-se em grande parte à obsolescência das práticas tecnológicas e gerenciais aplicadas aos seus sistemas produtivos, tendo sua origem atribuída a quatro pontos, como afirma Corrêa (1993):

- 1 - Deficiências nas medidas de desempenho;
- 2 - Negligência com considerações tecnológicas;
- 3 - Perda de foco dos negócios;
- 4 - Resistência e demora em assumir novas posturas produtivas.

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.

Ao longo deste trabalho, conclui-se que a obtenção de níveis satisfatória de qualidade na manufatura SMT pode ser beneficiada pela implementação de um controle de processo produtivo robusto, onde erros humanos foram reduzidos e as atividades produtivas foram melhor monitoradas; por uma acurada padronização técnica de procedimentos internos as quais possibilitam uma grande uniformidade de conhecimento; pelo intenso uso da tecnologia da informação possibilitando a rápida disponibilidade e transferência de informações; bem como pela reorganização do *layout* produtivo de maneira a permitir uma melhor agilidade para acesso aos recursos necessários ao *set-up*.

Ainda para os critérios estratégicos de produção que darão suporte à obtenção de vantagens competitivas, preconizadas por Tubino (1999b), respeitando as limitações apresentadas, conclui-se que os critérios de Custo, Qualidade, Desempenho de Entrega e Flexibilidade poderão ser beneficiados pelo desenvolvimento de soluções similares. Foster (1996) observa que a conformidade melhora como resultado da implementação de uma inspeção mais rigorosa no processo. O foco nas causas dos erros com conseqüente eliminação conduzirão a resultados de melhoria do mesmo.

Ainda para o desenvolvimento e implementação de soluções para a redução ou eliminação do erro humano também propostas por Juran (1990), foram pesquisadas três linhas de desenvolvimento: utilização de alimentadores especializados; redes locais *wireless* e leitores óticos para a conferência de *set-up*.

Apesar dos custos envolvidos, a solução implementada através de redes locais mostrou-se mais adequada pelas características anteriormente expostas. Cabe salientar que aspectos e fatores ergonômicos devem ser levados em

consideração quando na compra e estudo de posicionamento dos dispositivos para coleta e conferência de dados.

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.

Embora os conceitos expostos neste trabalho não tenham a pretensão de esgotar o tema, servindo apenas como alicerces para abordar o problema

proposto pelo estudo, acredita-se se ter alcançado a geração de uma base de conhecimentos útil, servindo de modelo para novos desenvolvimentos necessários.

### 7.3 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

As limitações inerentes a este estudo são traduzidas pelas características do caso explorado ser voltado a manufatura SMT, ainda que as soluções propostas possam ser adaptadas para outras realidades, principalmente no que refere-se a outras tecnologias de manufatura eletrônica, como por exemplo, a tecnologia THT. Acrescente-se a estas limitações as peculiaridades relativas à empresa escolhida, tais como, emprego ou não da tecnologia SMT, *mix* de produtos produzidos, número de colaboradores envolvidos na tarefa. A pesquisa limita-se também através das características da metodologia definida, bem como pelas necessidades impostas pelas empresas estudadas. Finalmente, como as entrevistas são uma fonte essencial de evidência da pesquisa, as interpretações das perguntas por parte dos respondentes poderão sofrer influências, tornando-se outro fator limitador.

#### 7.4 PROPOSTAS PARA FUTUROS TRABALHOS

De fato, existem grandes potenciais a serem explorados pela associação do modelo proposto a conceitos e técnicas que beneficiem o rendimento, produtividade e manutenção de qualidade em linhas SMT. Pode-se evoluir o modelo proposto, controlando a produtividade dos colaboradores de preparação de *set-up*, gerando relatórios e gráficos com os tempos de início e final de preparação. Deste modo, pode-se computacionalmente avaliar a performance dos grupos de preparação.

Pode-se associar a proposta desenvolvida em pesquisas sobre o *Custo da Qualidade (COQ)*, ao agregar aos modelos de mensuração para as "ações que envolvem não se fazer certo da primeira vez", os indicadores dos erros que iriam acontecer mais que foram evitados por práticas mais robustas na conferência de *set-up*. Neste sentido, sugere-se Crosby *apud* Clarke e Yarrow (1997), Bland, Maynard e Herbert (1998) e Deming *apud* Scherkenbach (1993).

Novas oportunidades de aplicação também podem ser vislumbradas ao pesquisar a adequação da etapa de preparação de *set-up* a metodologia seis sigma, uma vez que uma boa parte das etapas existentes na produção SMT já seguem esta proposição.

Buscando ampliar o espectro de cobertura das propostas desenvolvidas, sugere-se a pesquisa de novas tecnologias de redes e dispositivos sem fio, tais como o padrão 802.11g destinado a redes de alta performance e o *Bluetooth*.

## CAPITULO 8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

AKIYAMA, S.; **Inspection Yesterday and Tomorrow – In Japan**. SMT – The Magazine for Eletronics Assembly - SMT Guide to Inspection, MA; USA, February, 2002.

ALBANO, C. S.; **Problemas e Ações na Adoção de Novas Tecnologias de Informação**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001.

ALTER, S.; **Information Systems: a management perspective**. 2.ed. Menlo Park: The Benjamin Cumming Co, Inc, 1996.

AMMONS, J. C.; GOVINDARAJ T.; MITCHELL, C. M.; **Decision models for aiding firms scheduling and control**. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. Vol. 18, 1988.

ASSEMBLEON; **Improve efficiency**. Disponível em <http://www.assembleon.com/informationcenter/Assembleon/FNodeArticleDetail.asp?INodeId=277>. Acessado em: Agosto, 2003.

BAPTISTA, M. A. P.; **Um modelo multicritério para avaliar o sistema de qualidade de um ambiente de produção**. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000.

BENTZEN, B. S.; **SMD placement**. Disponível em [http://www.smtinfocus.com/processguide\\_placement.html](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.

BLAND, F. M. , MAYNARD, J. , HERBERT, D. W. ; **Quality Costing of an Administrative Process** ; The TQM Magazine, Vol.10, Issue 5, 1998.

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

BONOMA, T.; SHAPIRO, B.; **Sucesso e Marketing Industrial**. Editora Harbra, São Paulo, 1999.

BRAUN, D. **3Com incentiva Ethernet móvel**. Revista Computerworld, São Paulo, n. 348, p. 47, Agosto, 2001.

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.

CARDONA, S. M.; **Controle Absoluto da Produção**. Revista Automação & Código de Barras. Publicare Editora Ltda., São Paulo, Ano II. N. 15, Dezembro, 2003.

CARDONA, S. M.; **Automatizando a Força de Vendas**. Revista Automação & Código de Barras. Publicare Editora Ltda., São Paulo, Ano II. N. 14, Outubro, 2003.

CLARKE, D. , YARROW, D. ; **I Find the Term Customer Offensive ;** International Journal of Health Care Quality Assurance, Vol. 10, Issue 7, 1997

COLETTI, L. H.; **WIRELESS - Redes Sem Fio**. Acessado em [http://www.cirp.usp.br/cursos/curso\\_wireless/wireless.html](http://www.cirp.usp.br/cursos/curso_wireless/wireless.html). Acessado em: Abril, 2003.

COMPAQ. **Rede Sem Fio**. Disponível em <http://www.compaq.com.br/produtos/wlan>. Acessado em: Abril, 2003.

COOPER, D. R.; **Métodos de Pesquisa em Administração**. Bookman Editora, Porto Alegre, 2003.

CORREA, H.; GIANESI, I.; **Administração Estratégica de Serviços**. Fundação Vanzolini, São Paulo, Editora Atlas, 2003.

CORREA, H.; GIANESI, I.; **Just In Time, MRP II e OPT**. Editora Atlas, São Paulo, Editora Atlas, 2001.

COSTA, L. S. S.; Caulliraux, H. M.; **Manufatura Integrada por Computador**. Editora Campus Ltda, Rio de Janeiro, 1995.

CRAMA Y.; FLIPPO, O. E.; KLUNDERT J. V.; SPIEKSMAN F. C. R.; **The Assembly of Printed Circuit Boards: a case with multiple machines and multiple boards types**. Disponível em [137.120.22.236/www-edocs/loader/file.asp?id=322](http://137.120.22.236/www-edocs/loader/file.asp?id=322). Acessado em: Dezembro, 2003.

DE BEM, A. N. ; **Implantação do Conceito de TRF no Setor de Impressão Flexográfica em Empresas Produtoras de Embalagens Plásticas Flexíveis**. Dissertação (Mestrado em Engenharia), : Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

DIMINGO, E.; **The Fine Art of Positioning**. The Journal of Business Strategy, March/April, 1988.

DREWRY, J.; **Wireless LAN speeds get a boost**. Disponível em <http://www.nwfusion.com>. Acessado em: Maio. 2003.

Drummond, H.; **O Movimento pela Qualidade**, Vol. II, Augusto Laranja Editorial e Difusão Cultural Ltda, São Paulo, 1998.

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.

FALCONI, C. V., **TQC - Controle da Qualidade Total**. Universidade Federal de Minas Gerais, 1992.

FEIGENBAUM, A. V.; **Controle da Qualidade Total - Estratégias para o Gerenciamento e Tecnologia da Qualidade**, Vol. II, Makron Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo, 1994.

FISCHER, R.; **"Show Me" what you see!** Disponível em [http://www.smtnet.com/library/index.cfm?fuseaction=view\\_article&article\\_id=1082](http://www.smtnet.com/library/index.cfm?fuseaction=view_article&article_id=1082). Acessado em: Setembro, 2003.

FOGLIATTO, F. S.; FAGUNDES, P. R. M.; **TROCA RÁPIDA DE FERRAMENTAS: PROPOSTA METODOLÓGICA E ESTUDO DE CASO**, Vol. 10, n. 2, UFRG, Porto Alegre, Agosto, 2003.

FOSTER, S. T. ; **An Examination of the Relationship Between Conformance and Quality-related Costs**; International Journal of Quality, Vol. 13, Issue 4, 1996.

GARVIN, D. A.; **What Does "Product Quality" Really Mean?**. Sloan Management Review, 1984.

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

GIL, A. C.; **Como elaborar projetos de pesquisa**. Editora Atlas, São Paulo, 1991.

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

GREEN, C.; **Os Caminhos da qualidade**. Makron Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo, 1995.

HOLLE, A., LEMMEN, M. ; **Optimizing the output of SMT Lines**. Disponível em <http://www.assembleon.com/informationcenter/Assembleon/FArticleDetail.asp?ArticleId=838&NodeId=238>. Acessado em: Agosto, 2003.

HONG, J-D; KIM, S-L. ; HAYYA, J. C. **Dynamic setup reduction**

**in production lot sizing with nonconstant deterministic demand.** European Journal of Operational Research. p. 182-196, 1996.

HONG, J-D;. **Optimal production cycles, procurement schedules, and joint investment in an imperfect production system.** European Journal of Operational Research. p. 413-428, 1997.

HOVER-DAVIS; **Incorporated; Universal GSM Set-up Station.** Disponível em <http://msdsales.com/Hover%20davis%20SETUP%20GSM.htm>. Acessado em: Agosto, 2003.

IEEE TRANSACTIONS ON SEMICONDUCTOR MANUFACTURING;  
**Characterization of Operational Time Variability Using Effective Process Times.** , VOL. 16, NO. 3, AUGUST 2003 511. Disponível em <http://ieeexplore.ieee.org>. Acessado em: Novembro, 2003.

IMAM - Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais. **Produtividade & Qualidade no Piso de Fábrica.** São Paulo, 1989.

ISHIKAWA, K; **Introdução ao Controle da Qualidade.** Quality Resources, Makron Books do Brasil Editora Ltda, São Paulo,1993.

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

JONASH, R. S.; SOMMERLATTE, T.; **O valor da inovação. Como as empresas mais avançadas atingem alto desempenho e lucratividade.** Editora Campus, Rio de Janeiro, 2001.

JURAN, J.M.; Gryna, F.M. **Controle da Qualidade, Vol. III - Ciclo dos Produtos : Do Projeto à Produção.** São Paulo : Makron Books , 1992a.

JURAN, J.M.; Gryna, F.M. **Controle da Qualidade, Vol. IV - Ciclo dos Produtos : Inspeção e Teste.** São Paulo : Makron Books , 1992b.

JURAN, J. M.; **Na Liderança pela Qualidade: Um Guia para Executivos.** Pioneira Editora, São Paulo, 1990.

KLATKA, K.; **Cost, Benefits And Implementation of a Shop Floor Line Management System In PCB Manufacturing.** Disponível em [http://www.smta.org/knowledge/proceedings\\_abstract.cfm?PROCEEDING\\_ID=151](http://www.smta.org/knowledge/proceedings_abstract.cfm?PROCEEDING_ID=151). Acessado em: Setembro, 2003.

KROENKE, D. M.; DOLAN, K. A.; **Business Computer Systems: An Introduction.** 4. ed. USA:McGraw Hill, 1990.

KUSLAK, A.; **Computational Intelligence in Design and Manufacturing.** John Wiley & Sons, Inc., NY; USA, 2000.

LEITE, D. R. A.; **REDES 802.11 - Redes locais sem fio que atendem ao padrão IEEE 802.11**. Disponível em <http://sites.uol.com.br/helyr/drangel1.html>. Acessado em: Abril, 2003.

LEON, V. J.; PETERS, B. A.; **A comparison of setup strategies for printed circuit board assembly**. *Computers and Industrial Engineering*; Vol. 34(1); USA, 1998.

LUCAS FILHO, F. C.; **Utilização de Algoritmos e Heurísticos para Resolução de Problemas de Setup na Programação da Produção**. Universidade do Amazonas, Manaus, Abril, 2001.

MACHADO, C.; **A rede está na mão**. *Revista Exame Info*, São Paulo, n. 192, Março, 2002.

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.

MELO, P. R. de S. , GUTIERREZ, R. , Sérgio E. S. ; **Complexo Eletrônico: O Segmento de Placas de Circuito Impresso**. Disponível em [www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/pcimpres.pdf](http://www.bndes.gov.br/conhecimento/bnset/pcimpres.pdf). Acessado em: Dezembro, 2003.

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 [www.national.com/ms/MO/MOUNTING\\_OF\\_SURFACE\\_MOUNT\\_COMPONENTS-MISC.pdf](http://www.national.com/ms/MO/MOUNTING_OF_SURFACE_MOUNT_COMPONENTS-MISC.pdf). Acessado em: Janeiro, 2004.

OHNO, T.; **O Sistema Toyota de Produção: além da produção em larga escala**. Editora Bookman, Porto Alegre, 1997.

PRASAD, RAY P.; **Mass Rework? Automated? You must be kidding!** SMT – The Magazine for Electronics Assembly, MA; USA, October, 2001.

ROESCH, S. M. A.; **Projetos de estágio e de pesquisa em administração: guia para estágios, trabalhos de conclusão, dissertações e estudos de caso**. Editora Atlas, São Paulo, 1999.

ROWLAND R.; **Rapid Setup and Changeover**. Disponível em [http://smt.pennnet.com/Articles/Article\\_Display.cfm?Section=Articles&Subsection=Display&ARTICLE\\_ID=181020](http://smt.pennnet.com/Articles/Article_Display.cfm?Section=Articles&Subsection=Display&ARTICLE_ID=181020). Acessado em: Agosto, 2003.

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

SCHERKENBACH, W. W.; **O caminho de Deming para melhoria contínua**. Editora Qualitymark, Rio de Janeiro, 1993.

SHERVAIS, S.; **Discrete Systems Simulation of Production-Line Management Techniques: Traditional, JIT, and TOC**. Portland State University - Systems Science Department, Portland, USA, 1996.

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

SHINGO, S.; **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Editora Bookman, Porto Alegre, 1997.

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

SLACK, N. et al. ; **Administração da Produção**. Editora Atlas, São Paulo, 1997.

SMED, J.; JOHTELA, T.; JOHNSON, M.; PURANEN, T.; NEVALAINEN O.; **An Interactive System for Scheduling Jobs in Electronic Assembly**. Department of Mathematical Sciences and Turku Centre for Computer Science (TUCS), University of Turku, Turku, Finland, 2000.

SMITH, E. B.; **Mistake-proof Manufacturing = Quality Manufacturing**. SMT – The Magazine for Electronics Assembly, MA; USA, October, 2001.

SMTINFOCUS; **SMT FAILURE LIBRARY**. Disponível em [http://www.smtinfocus.com/smt\\_failure\\_list.html](http://www.smtinfocus.com/smt_failure_list.html). Acessado em: Janeiro, 2004.

SURFACE MOUNT TECHNOLOGY ASSOCIATION - SMTA; **Surface Mount Technology. A Historical Perspective**; Disponível em [http://www.smta.org/files/history\\_of\\_smt.pdf](http://www.smta.org/files/history_of_smt.pdf). Acessado em: Janeiro 2004.

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.

TRACEXPRT ; **Advanced Feeder Check**. Disponível em [http://www.tracexpert.com/products/feeder\\_check.asp](http://www.tracexpert.com/products/feeder_check.asp). Acessado em: Maio, 2004.

TUBINO, D. F. ; **Manual de Planejamento e Controle da Produção**. Editora Atlas Ltda, Porto Alegre, 1997.

TUBINO, D. F. ; **Sistemas de Produção: A produtividade no chão de fábrica**. Editora Artes Médicas Sul Ltda, Porto Alegre, 1999.

TZUR M.; ALTMAN A.; **Minimization of tool switches for Flexible Manufacturing machine with slot assignment of different tool sizes**. IEEE Transactions, Vol. 36, 2004.

VI\_TECHNOLOGY; **AOI - Automated Optical Inspection**. Disponível em <http://www.vitechnology.com/html/literature.htm#brochure>. Acessado em: Março, 2004.

ZARROW, P.; HALL, J. W.; **SMT Step by Step – Step 2: Process Control. SMT – The Magazine for Eletronics Assembly**, MA; USA, February, 2002.

WALTON, M.; **Método Deming na prática**. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1992.

WANG, W.; NELSON, P. C.; TIRPAK T. M.; **Optimization of High\_Speed Multi-Station SMT Placement Machines Using Evolutionary Algorithms**. IEEE Transactions on Electronics Packing Manufacturing. Disponível em <http://ieeexplore.ieee.org>. Acessado em: Março, 2004.

YIN, R. K; **Estudo de Caso, Planejamento e Métodos** – 2 ed. – Bookman, Porto Alegre, 2001.

## APÊNDICES E ANEXOS

---

## APÊNDICE A - PROTOCOLO DO ESTUDO

---

Segundo Yin (2001), um protocolo de estudo deve conter quatro procedimentos:

- Visão geral do projeto de pesquisa;
- Descrição dos procedimentos de campo;
- Explicação de questões do estudo;

A seguir, discorre-se sobre como estes quatro elementos foram abordados neste projeto de pesquisa:

### **1 - Visão Geral da Pesquisa**

Para Yin (2001), cabe a este tópico relatar os objetivos e questões de pesquisa, o objeto de estudo, o referencial teórico e o contexto para a qual a pesquisa é aplicável.

O objetivo da pesquisa é propor uma solução prática para tratamento de erros de preparação de *set-up*, compreendendo como estes se manifestam e interferem no processo de manufatura SMT em empresas de produção eletrônica. A pesquisa participante surge como um meio de responder a questionamentos da pesquisa, sendo seu objetivo verificar em uma situação prática a implementação de modelos ou soluções potenciais para eliminação de erros e redução do tempo de preparação de *set-up*. O objeto da pesquisa situa-se na compreensão do ambiente SMT e nas necessidades da busca de soluções de apoio a manufatura. O referencial teórico para a pesquisa está relatado no capítulo 2 desta dissertação.

### **2 - Descrições de Procedimentos de Campo**

Para este tópico, Yin (2001) recomenda que sejam descritos os planos de coleta de dados de como obter acesso à organização, definindo então as fontes de dados e quais os procedimentos necessários para obtê-los. O objeto do estudo deu-se em empresas de um mesmo grupo, mais com atividades afins diferentes, com a mesma política de objetivos estratégicos para crescimento, com boa

aceitação a soluções de inovação. O acesso à organização deu-se pelas atividades exercidas pelo autor em uma das empresas, propiciando uma observação direta e participante. Os produtos manufaturados integram o segmento de telecomunicações, medição (medidores, instrumentos eletrônicos) e automobilístico (componentes de eletrônica embarcada). A visita a outras unidades do grupo empresarial, que igualmente empregam a tecnologia SMT, revelou necessidades semelhantes. Os recursos utilizados nas empresas eram similares, ainda que alguma unidade possui-se um número maior de equipamentos ou linhas com equipamentos obsoletos. Pela natureza das atividades exercidas pelo autor, os contatos eram freqüentes permitindo conhecer melhor o contexto do estudo e selecionar o caso. As entrevistas foram realizadas com os gerentes de processo, chefes de equipes de manufatura SMT e integrantes das equipes de preparação, utilizando o roteiro exposto nos apêndices posteriores. A análise de documentos partiu de manuais de processos, utilizados para elaboração dos passos do fluxograma explicitado no capítulo 4, seguindo até entrevistas e observações diretas. Além da revisão bibliográfica e dos debates, principalmente entre os integrantes das equipes de preparação, o acompanhamento presencial dos processos de *set-up* para diferentes equipes, em diferentes turnos e equipamentos, foi uma outra fonte de dados.

O plano de análise de dados constitui-se nas seguintes etapas:

- a) transcrição das entrevistas – falas e expressões que possam contribuir para a compreensão do tema e contexto de estudo;
- b) análise de conteúdo procurando elucidar a intensidade, força ou grau de convicção dos envolvidos.
- c) confronto entre diferentes visões dos colaboradores e das suas respectivas gerências.

A análise de conteúdo inicia pela exploração do material até chegar ao tratamento dos resultados e das interpretações provenientes.

### **3 - Questões da Pesquisa Participante**

De acordo com Yin (2001), as questões serão o ponto central do protocolo. Permitiu-se ao respondente, além das questões propostas, abstrair sobre um determinado tema, ou seja, obtendo respostas espontâneas sobre o estudo de modo a agregar valor a linha de pesquisa. O envolvimento do respondente frente a questões para situações de tomada de decisão em problemas de preparação de *set-up*, norteou parte dos questionamentos. Percebeu-se que seria interessante, além de solicitar o relato de uma decisão, avaliar como o respondente reage diante de uma situação de falha. As questões utilizadas estão dispostas a partir do Apêndice B.

## APÊNDICE B - ENTREVISTA PARA PESQUISA

---

O principal enfoque desta entrevista foi verificar a ocorrência ou não das situações descritas e a manifestação destas no contexto estudado. As questões seguem modelo proposto por Bonoma & Shapiro (1991):

Situação	Linha de Ação
Orientação Principal do Negócio	Identificação da base do negócio em termos de objetivos estratégicos e aceitação da inovação.
Produtos Manufaturados	Identificação do <i>mix</i> de produtos manufaturados
Recursos	Observação das diferenças de recursos tecnológicos utilizados na manufatura SMT
Estrutura Lógica	Levantamento do fluxo comum para o processo de preparação
Competência	Levantamento das competências que fundamentam vantagem competitiva alcançada ou pretendida
Fluxo de Logística	Identificação do layout da manufatura e da logística envolvida na preparação
Fatores Críticos	Levantamento dos fatores críticos ao sucesso da situação pesquisada.
Treinamento	Busca de informações das formas de treinamentos dos colaboradores da manufatura
Comunicação	Identificação dos meios de comunicação entre diferentes equipes de preparação no que concerne problemas encontrados, necessidades, continuidade do processo de preparação de <i>set-up</i>
Indicadores	Levantamento das variáveis preponderantes ao processo, tais como qualidade e redução de tempo de preparação.

Influência de Experiência Decisória	Identificação da vivência dos indivíduos enquanto um fator significativamente preponderante ou não para resolução dos problemas de preparação
Aspectos Culturais	Levantar a idade, nível educacional, tempo de serviço, etc dos envolvidos.
Tecnologia	Definição da tecnologia de informação necessária à implementação e sustentação do modelo de negócio

- Entrevista com enfoque estratégico

- 1) Como o quadro acima explicitado se manifesta no modelo de negócios pesquisado?
- 2) Como a manufatura SMT é identificada em termos de objetivo estratégico?
- 3) O *mix* de produtos produzidos varia com frequência exigindo novas modalidades de *set-up* ou mantém-se praticamente fixo?
- 4) Há mecanismos implementados para eliminação de erros de preparação e montagem? Baseiam-se totalmente nos sentidos humanos?
- 5) A partir da adoção de mecanismos de apoio, os problemas técnicos aumentaram, diminuíram ou continuam iguais?
- 6) Quais são os recursos tecnológicos disponíveis para a manufatura SMT?
- 7) A empresa tem uma visão pro ativa quanto a mudanças de processos ?
- 8) Quais são as etapas inerentes ao fluxo de preparação?

- 9) Os entrevistados principais acompanharam todo o processo, ou seja, estão sendo comunicados do andamento do trabalho?
- 10) O *layout* atual atrapalha o andamento das operações agregando um maior tempo para as mesmas?
- 11) Após as entrevistas, o que mudou quanto ao comportamento dos entrevistados? Qual a percepção de interesse gerada?
- 12) Quais são os níveis de competência alcançados ou pretendidos?
- 13) Os treinamentos dos colaboradores nas práticas SMT são realizados *on the job* ou por cursos externos?
- 14) Existe o domínio ou ambientação a recursos informatizados por parte dos colaboradores da manufatura?
- 15) Os meios de comunicação entre os integrantes das equipes de preparação cumprem a sua finalidade ou geram-se erros por falta de comunicação a contento?
- 16) No geral, a vivência dos participantes quanto a manufatura SMT tem sido um fator preponderante?
- 17) Os colaboradores iniciantes sempre são culpados por preparações erradas? As equipes assumem seus erros? É fácil identificá-los?
- 18) Como o setor de manufatura SMT responde por custos de montagens indevidas descobertas em etapas posteriores à manufatura?
- 19) Qual a influência de aspectos culturais ou pessoais no processo?
- 20) Considerava-se o projeto uma aplicação crítica para o negócio?

- 21) Havia algum aspecto específico no projeto que dificultava sua compra ou a tornava particularmente complicada ou crítica?
- 22) Cogitou-se desenvolver o projeto internamente?
- 23) Quem foi o tomador de decisão para aquisição ou desenvolvimento?
- 24) Quem desenvolveu? O que definiu a seleção do fornecedor / desenvolvedor?
- 25) As tecnologias desenvolvidas podem ser empregadas para qualquer modelo de equipamento de composição?

- Entrevista com enfoque técnico

- 1) Como ocorre a preparação de *set-up* ?
- 2) Existem etapas da preparação que poderão ocorrer com equipamentos em funcionamento? Os equipamentos deverão estar completamente parados?
- 3) Podem-se adiantar elementos da etapa de preparação?
- 4) Quanto tempo pode levar uma preparação?
- 5) Quantos elementos geralmente são alocados para a tarefa?
- 6) As equipes de preparação trabalham em mais de um turno? Há diferença de desempenho?
- 7) Quais são os fatores de impedimentos físicos, humanos e tecnológicos para uma boa preparação?
- 8) Quais são os erros comumente encontrados?
- 9) Outros departamentos medem a satisfação dos trabalhos realizados?
- 10) Como se apontam erros no processo?
- 11) Há comunicação para outros grupos?
- 12) Os erros são identificados e sanados rapidamente?
- 13) O que precisa de ajustes ou de mudanças?

- 14) Se este processo parar, quais serão os prejuízos?
- 15) Se este processo falhar, quais serão os prejuízos?
- 16) Os colaboradores aprovaram as soluções propostas?
- 17) Quais são as vantagens e desvantagens das soluções pesquisadas?
- 18) Qual o investimento realizado para as soluções?
- 19) Qual o tempo para desenvolvimento das soluções?
- 20) Quais são os requisitos ou condições fundamentais para que as tecnologias gerem bons resultados para a organização?
- 21) Qual o grau de satisfação para as soluções desenvolvidas?

## APÊNDICE C - ENTREVISTA DE ENFOQUE PESSOAL

---

1) Qual sua função com respeito à manufatura SMT?

Gerente

Líder de equipe

Preparador de *set-up*

Outros \_\_\_\_\_

2) Qual é seu nível de educação ( já concluído)?

1. Primeiro Grau

2. Técnico médio/segundo grau

3. Grau Universitário

4. Grau Universitário / mestrado

5. Grau Universitário / doutorado

6. outro (por favor especifique)

---

3) Qual é a sua formação educacional?

1. Engenharia

2. Informática

3. Negócios

4. Contabilidade

5. Matemática

6. Outras

4) Atualmente está estudando?  Sim  Não

Se sim, em qual nível?

1. Escola primária

2. Técnico médio/segundo grau

- 3. Grau Universitário
  - 4. Grau Universitário/mestrado
  - 5. Grau Universitário/doutorado
  - 6. outro (por favor especifique)
- 

5) Realizou cursos de manufatura SMT?  Sim  Não

Tipo de curso/local:

---

6) Há quanto tempo você utiliza computadores?

- Menos de 6 meses
- Menos de 1 ano
- Menos de 2 anos
- Menos de 5 anos
- Mais de 5 anos

7) Quanto tempo está na organização em que trabalha?

- Menos de 6 meses
- Menos de 1 ano
- Menos de 2 anos
- Menos de 5 anos
- Menos de 10 anos
- Menos de 15 anos
- Menos de 20 anos
- Mais de 20 anos

8) Quanto tempo está no departamento em que trabalha?

- Menos de 6 meses

- Menos de 1 ano
- Menos de 2 anos
- Menos de 5 anos
- Menos de 10 anos
- Menos de 15 anos
- Menos de 20 anos
- Mais de 20 anos

9) Quanto tempo está em sua atual função de trabalho?

- Menos de 6 meses
- Menos que 1 ano
- Menos de 2 anos
- Menos de 5 anos
- Menos de 10 anos
- Menos de 15 anos
- Menos de 20 anos
- Mais de 20 anos

10) Idade:

- Abaixo de 20
- 20 - 30
- 31 - 40
- 41 - 50
- Acima de 50

11) Sexo:  Masculino  Feminino

12) Estado civil:

- Casado

Solteiro

Divorciado

13) Possui filhos?  Sim  Não

Idade:

---

14) Reside com os mesmos?  Sim Não

## APÊNDICE D - CRONOGRAMA DA PESQUISA

---

A definição do cronograma da pesquisa, que contem a seqüência das atividades desenvolvidas e uma estimativa de tempo para a conclusão de cada atividade, estão descritas no quadro abaixo.

<b>Atividade</b>	<b>Início</b>	<b>Fim</b>
Levantamento bibliográfico sobre o tema		
• Tecnologia SMT	Set/2003	Out/2003
• Produção SMT	Out/2003	Nov/2003
• <i>Set-up</i> SMT	Nov/2003	Fev/2004
Levantamento de soluções	Fev/2004	Jun/2004
Implementação da Solução	Jun/2004	Dez/2004
Escrita da Dissertação	Dez/2004	Mai/2005
Revisão	Mai/2004	Jun/2004
Apresentação	Jul/2004	Jul/2004
Defesa	Ago/2005	Ago/2005