

**UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA**  
**FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO**  
**PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**UM ESTUDO PARA ADOÇÃO DE PRÁTICAS DA MANUFATURA  
ENXUTA NA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

**WELLINGTON LOZER GIACOMIN**

ORIENTADOR: PROF. DR. MILTON VIEIRA JUNIOR

CO-ORIENTADOR: PROF. MSC. NELSON C. MAESTRELLI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

SANTA BÁRBARA D'OESTE

**2006**

# **UM ESTUDO PARA ADOÇÃO DE PRÁTICAS DA MANUFATURA ENXUTA NA INDÚSTRIA MOVELEIRA**

**WELLINGTON LOZER GIACOMIN**

Dissertação de Mestrado defendida, em 25 de abril de 2006, pela Banca Examinadora constituída pelos Professores:

Prof. Dr. Milton Vieira Júnior, Presidente  
UNIMEP

Prof. Nelson Carvalho Maestrelli, Co-Orientador  
UNIMEP

Prof. Dr. Fernando Bernardi de Souza  
UNIMEP

Prof. Dr. Antonio Batóccchio  
UNICAMP



À

Minha Família

Especialmente à minha esposa Alessandra,  
meu filho Vinícius e à minha mãe Isabel.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Msc. Nelson Carvalho Maestrelli pela orientação, compreensão e incentivo dispensado ao desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Milton Vieira Júnior pelo apoio.

Ao Prof. Dr. César Ricardo Maia de Vasconcelos pela oportunidade gerada e conselhos valiosos.

A secretária Flávia Alessandra que sempre de prontidão atendia meus pedidos de ajuda.

A Hermes Renato Pessotti pelo incentivo nas horas difíceis e desanimadoras, mostrando a real importância do trabalho realizado e a valorização da verdadeira amizade.

A minha esposa, Alessandra Oliveira Mesquita Giacomini, que sempre me motivou e nunca me deixou desanimar.

A Indústria de Móveis Movelar Ltda. que além do incentivo financeiro contribuiu como um maravilhoso laboratório, onde pude, com sucesso aplicar e implementar os conhecimentos adquiridos ao longo do curso.

Aos amigos da Indústria de Móveis Movelar Ltda. que abraçaram a ideia e a tornaram realidade.

A Luis Soares Cordeiro pelo apoio e incentivo nessa nova jornada que se inicia.

Em momentos de crise, só a imaginação é mais importante que o  
conhecimento.

Albert Einstein

(1879-1955)

Cientista e humanista.

## RESUMO

Este trabalho utiliza as principais técnicas desenvolvidas na Toyota Motor Co., conhecidas como princípios da Manufatura Enxuta como por exemplo, *Just in Time* (JIT), Kanban, Zero defeitos ou *Poka Yoke*, Redução de *Setup*, *Total Productive Maintenance* (TPM) para redução do *lead-time* (tempo de ciclo) de um determinado produto. Visa criar um método teórico que permita relacionar os conceitos do Sistema Toyota de Produção com as necessidades práticas de uma empresa do ramo moveleiro situada no norte do Espírito Santo. Desta forma, tenta-se romper o paradigma de que a forma mais eficiente de produção é a em grandes lotes. Com a utilização correta destas técnicas, é possível promover a produção em lotes pequenos, aumentando assim o mix de produção num mesmo intervalo de tempo, mantendo-se padrões de manufatura de classe mundial para a qualidade e a produtividade. Gerando significativos ganhos de produtividade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistema Toyota de Produção, Lead time, Just in Time, Manufatura Enxuta e Indústria de móveis.

## **ABSTRACT**

This work uses the main techniques developed in the Motor Toyota Co., known as principles of Manufatura Enxuta as for example, Just in Time (JIT), Kanban, Zero defects or Poka Yoke, Reduction of Setup, Total Productive Maintenance (TPM) for reduction of the lead-times (cycle time) of one determined product. It aims at to create a theoretical method that allows to relate the concepts of the System Toyota de Produção with the practical necessities of a company of the situated moveleiro branch in the north of the Espírito Santo. In such a way, it is tried to breach the paradigm of that the production form most efficient is in great lots. With the correct use of these techniques, are possible to promote the production in small lots, thus increasing the mix of production in one same interval of time, remaining themselves standards of manufacture of world-wide classroom for the quality and the productivity. Generating significant profits of productivity.

**KEYWORDS:** Toyota system of production, Lead time, Just in Time, Lean Production and Industry of furniture.

## SUMÁRIO

|   |            |
|---|------------|
| LISTA DE FIGURAS .....  | IX         |
| LISTA DE TABELAS .....  | XI         |
| <b>Lista de Gráficos .....</b>  | <b>xii</b> |
| <b>1 Introdução .....</b>   | <b>1</b>   |
| 1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO.....  | 2          |
| 1.1.1 <i>Objetivo Geral</i> .....   | 2          |
| 1.1.2 <i>Objetivo Principal</i> .....                                       | 2          |
| 1.2 IMPORTÂNCIA DO TRABALHO .....   | 3          |
| 1.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....   | 3          |
| 1.4 MÉTODO DE PESQUISA.....   | 3          |
| 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO .....   | 4          |
| <b>2 Revisão Bibliográfica.....</b>   | <b>7</b>   |
| 2.1 INTRODUÇÃO .....  | 7          |
| 2.2 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO.....                                       | 7          |
| 2.2.1 <i>Técnicas e Princípios de Gerenciamento da Produção JIT</i> .....   | 8          |
| 2.2.2 <i>Tecnologia de Grupo</i> .....                                      | 21         |
| 2.3 FABRICAÇÃO REPETIDA EM GRANDES LOTES E PRODUÇÃO EM PEQUENOS<br>LOTES 26 |            |
| 2.3.1 <i>Fabricação Repetitiva em Grandes Lotes</i> .....                   | 26         |
| 2.3.2 <i>Produção em Pequenos Lotes</i> .....                               | 27         |
| 2.3.3 <i>Layout Celular versus Layout Funcional</i> .....                   | 27         |
| 2.3.4 <i>Problemas para produção focalizada</i> .....                       | 29         |
| 2.3.5 <i>O PCP e a Produção em Pequenos Lotes</i> .....                     | 31         |
| <b>3 Método Baseado no Sistema Toyota de Produção .....</b>                 | <b>33</b>  |
| 3.1 INTRODUÇÃO .....  | 33         |
| 3.2 FORMAÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO .....                                     | 34         |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.2.1    | <i>Escolha do Grupo</i> .....                             | 35        |
| 3.2.2    | <i>Conscientização</i> .....                              | 35        |
| 3.2.3    | <i>Definição dos Objetivos</i> .....                      | 36        |
| 3.2.4    | <i>Definição dos Indicadores Desempenho</i> .....         | 37        |
| 3.3      | ANÁLISE DO SISTEMA DE PRODUÇÃO ATUAL .....                | 40        |
| 3.3.1    | <i>Obtenção de dados</i> .....                            | 40        |
| 3.3.2    | <i>O Ambiente de Produção</i> .....                       | 42        |
| 3.3.3    | <i>Cálculo dos Indicadores de Desempenho Atuais</i> ..... | 43        |
| 3.4      | PROJETO DO LAYOUT .....                                   | 43        |
| 3.4.1    | <i>Aplicação da Tecnologia de Grupo</i> .....             | 43        |
| 3.4.2    | <i>Restrições aos Agrupamentos</i> .....                  | 44        |
| 3.4.3    | <i>Análise do Layout Proposto</i> .....                   | 45        |
| 3.4.4    | <i>Implantação do Novo Layout</i> .....                   | 46        |
| 3.4.5    | <i>Gerenciamento do Sistema</i> .....                     | 49        |
| <b>4</b> | <b>Estudo de Estudo de Caso</b> .....                     | <b>52</b> |
| 4.1      | INTRODUÇÃO .....  | 52        |
| 4.2      | APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....                             | 52        |
| 4.3      | INTRODUÇÃO DO MÉTODO .....                                | 53        |
| 4.4      | COMPOSIÇÃO DA EQUIPE DE TRABALHO .....                    | 53        |
| 4.4.1    | <i>Constituição da Equipe</i> .....                       | 53        |
| 4.4.2    | <i>Conscientização dos Envolvidos</i> .....               | 54        |
| 4.4.3    | <i>Definição dos Objetivos</i> .....                      | 55        |
| 4.4.4    | <i>Definição dos Indicadores de Desempenho</i> .....      | 57        |
| 4.5      | CENÁRIO ATUAL DA EMPRESA .....                            | 57        |
| 4.5.1    | <i>Avaliação dos Dados Obtidos</i> .....                  | 62        |
| 4.5.2    | <i>Nivelamento das Informações Iniciais</i> .....         | 68        |
| 4.5.3    | <i>Cálculo dos Indicadores de Desempenho Atuais</i> ..... | 69        |
| 4.6      | DESENVOLVIMENTO DO FUTURO LAYOUT .....                    | 70        |
| 4.6.1    | <i>Utilização da Tecnologia de Grupo</i> .....            | 70        |
| 4.6.2    | <i>Análise das Exceções</i> .....                         | 71        |
| 4.6.3    | <i>Necessidade de Novos Equipamentos</i> .....            | 72        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 4.6.4    | <i>Avaliação da Viabilidade do Projeto</i> .....                           | 73        |
| 4.7      | SIMULAÇÕES E EXPECTATIVAS DO PROJETO .....                                 | 73        |
| 4.7.1    | <i>Expectativa de Redução do Lead-Time</i> .....                           | 73        |
| 4.7.2    | <i>Expectativa de Redução da Taxa de Utilização do Espaço Físico</i> ..... | 74        |
| 4.7.3    | <i>Flexibilidade Adquirida</i> .....                                       | 74        |
| 4.8      | ANÁLISE DOS RESULTADOS E APROVAÇÃO DO PROJETO .....                        | 75        |
| <b>5</b> | <b>Conclusões e Recomendações para os Próximos Trabalhos</b> .....         | <b>76</b> |
| 5.1      | CONCLUSÕES .....   | 76        |
| 5.2      | RECOMENDAÇÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS.....                              | 77        |
| <b>6</b> | <b>Referências Bibliográfica</b> .....                                     | <b>79</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1.1 – Diagramação dos conteúdos dos capítulos .....  | 6  |
| Figura 2.1 – Fluxograma representativo dos sistemas de puxar e empurrar a produção, BLACK (1991) .....            | 10 |
| Figura 2.2 – Exemplo de um cartão Kanban de requisição, MONDEN (1984) .....                                       | 10 |
| Figura 2.3 – Alocação de Operários na Célula, MONDEN (1984) .....   | 13 |
| Figura 2.4 – Esquemático dos cinco pilares base da TPM .....  | 18 |
| Figura 2.5 – Diagonalização da matriz de incidência.....  | 22 |
| Figura 2.6 – Layout Celular estilo U .....  | 24 |
| Figura 2.7 – Layout Celular estilo linha .....  | 25 |
| Figura 2.8 – Layout Celular estilo <i>loop</i> .....  | 25 |
| Figura 2.9 – Layout Funcional.....  | 29 |
| Figura 2.10 – Layout Celular .....  | 29 |
| Figura 3.1 – Fluxograma esquemático da metodologia proposta.....  | 34 |
| Figura 3.2 – Representação do Ciclo PDCA, SLACK <i>et al</i> (2002) .....   | 50 |
| Figura 3.3 – Exemplo da utilização do diagrama causa-efeito de Ishikawa .....                                     | 51 |
| Figura 4.1 – Fluxograma do processo de solicitação, avaliação, programação, produção e expedição da empresa ..... | 59 |

|  |    |
|--|----|
| Figura 4.2 – Layout Atual .....                                  | 63 |
| Figura 4.3 – Layout Proposto .....                               | 64 |
| Figura 4.4 – Detalhamento da área de estoque intermediário ..... | 72 |

## LISTA DE TABELAS

|   |    |
|---|----|
| Tabela 2.1 – Vantagens oferecidas pelo layout celular .....                 | 28 |
| Tabela 4.1 – Resumo das árvores de produtos .....                           | 65 |
| Tabela 4.2 – Vendas efetuadas de junho a novembro de 2004 .....             | 66 |
| Tabela 4.3 – Atualização quantitativa das árvores de produto.....           | 66 |
| Tabela 4.4 – Roteiro de produção.....                                       | 67 |
| Tabela 4.5 – Exemplificação dos tempos coletados .....                      | 68 |
| Tabela 4.6 – Lead-time atual versus Lead-time proposto .....                | 74 |
| Tabela 4.7 – Estimativa de redução da taxa de ocupação do espaço físico.... | 74 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 2.1 – Porcentagem de empresas utilizando técnicas de PCP antes e depois da produção focalizada, OLORUNNIWO (1996) ..... | 31 |
| Gráfico 2.2 – Utilização do "Kanban" e MRP pelas empresas, antes e depois da produção focalizada, OLORUNNIWO (1996).....        | 32 |
| Gráfico 3.1 – Gráfico contendo tabulação de dados medidos por WEMMERLÖV (1997).....   | 36 |
| Gráfico 4.1 – Descrição do tempo gasto por cada etapa do processo de entrega do produto .....                                   | 56 |
| Gráfico 4.2 – Impactos causados pelos refugos, retrabalhos e desbalanceamento numa linha de produção. ....                      | 61 |



# 1 INTRODUÇÃO

A globalização pode ser definida como um processo típico da segunda metade do século XX, que conduz a crescente integração das economias e das sociedades dos vários países, em especial no que toca à produção de mercadorias e serviços, aos mercados financeiros, e à difusão de informações, AURÉLIO (2004).

Este estreitamento de fronteiras gera grandes vantagens ao mercado consumidor. Contudo, as indústrias sofrem com a concorrência. Desta forma, para aumentar a sua competitividade, as empresas devem procurar constantemente melhorar o desempenho de seus sistemas produtivos. Assim, melhorias no sistema de produção são vitais para a sobrevivência das empresas.

Tomando como referencial as empresas vencedoras, pode-se aprender muito. É o caso da Toyota Motor Co., que desenvolveu um sistema de produção que permitiu melhorar as condições de competitividade, comparando-a com os métodos de produção norte-americanos (Fordista/Taylorista).

Desenvolvido pelos Srs. Shigeo Shingo e Taiichi Ohno, na década de 50, o Sistema Toyota de Produção agrega uma série de sistemas, que são capazes de elevar a produtividade e competitividade da empresa a níveis satisfatórios SHINGO (1996), através de melhorias de desempenho, como, por exemplo:

- Redução do tempo de entrega (*lead-time*);
- Melhoria da qualidade do produto;
- Garantia de defeito zero (*poka-yoke*);
- Minimização de desperdícios por superprodução;

- Redução do tempo de espera;
- Redução do tempo de transporte.

A proposta deste trabalho é apresentar a filosofia da Manufatura Enxuta, visando a busca pelo diferencial competitivo oferecido por este sistema, através da apresentação de uma metodologia para sua aplicação em uma empresa fabricante de móveis.

## **1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO**

### **1.1.1 OBJETIVO GERAL**

Utilizar os princípios básicos da Manufatura Enxuta, como por exemplo: *Kanban* (estoques intermediários), *Just in Time* – JIT (entrega da quantidade certa no tempo certo), células de manufaturas (organização de forma eficiente de determinadas máquinas), tecnologia de grupo (agrupamento de peças por afinidade) dentre outros que compõem o aqui denominado Sistema Toyota de Produção. Tornando-o assim um referencial teórico da boa prática da produção. Tendo como principal objetivo prático a redução do *lead-time* (ciclo de ciclo).

### **1.1.2 OBJETIVO PRINCIPAL**

Como objetivo principal para execução deste trabalho pode-se citar:

- Criar um método teórico a fim de relacionar os conceitos básicos de algumas técnicas de produção desenvolvidas pela Toyota Motor Co. com a necessidade prática, ou seja, mostrar como cada técnica deve ser aplicada e qual o resultado esperado, a partir de um estudo de caso em uma empresa fabricante de móveis, sempre focando na necessidade de reduzir o *lead-time* (tempo de ciclo).

## **1.2 IMPORTÂNCIA DO TRABALHO**

Certo da eficiência do conjunto de técnicas já mencionadas no item 1.1.1 e de que estas podem se tornar um excelente diferencial competitivo, principalmente se comparado a empresas que utilizam o sistema de produção por lotes repetitivos, este trabalho traz, de forma clara e objetiva, uma sistemática para implantação destas.

A metodologia empregada neste trabalho será acompanhada por uma aplicação prática, apresentada na forma de estudo de caso em uma empresa moveleira que apresenta problemas nas entregas de seus lotes, com a mensuração de resultados. Estes resultados permitirão verificar se as informações contidas na revisão bibliográfica referente ao objetivo se confirmarão.

## **1.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO**

O trabalho proposto visa comparar os ganhos obtidos com a troca do sistema de produção por lotes repetitivos, pelo sistema de produção com lotes pequenos e diversificados, ou seja, produzindo o que é realmente necessário.

## **1.4 MÉTODO DE PESQUISA**

A metodologia de pesquisa utilizada neste trabalho é o estudo de caso com enfoque qualitativo.

Para a fase exploratória utilizou-se levantamento bibliográfico e observação, a fim de definir o “pré-problema”, que foi o direcionamento inicial do trabalho. Delimitou-se uma área de estudo e escolha de um caso típico para análise e acompanhamento.

Dados foram coletados através de entrevista e análise de documentos, caracterizando a observação participante, e suas interpretações foram feitas através de parâmetros comparativos.

Fechando o ciclo de metodologia a divulgação dos dados foram feitas através de relatórios a diretoria.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Na busca de atender a contento as expectativas geradas por esse trabalho, apresenta-se, a seguir, sua estrutura:

- Capítulo – 1: Introdução  
  
Neste capítulo é detalhado o objetivo do trabalho, objetivos específicos, a importância do trabalho e limitações do trabalho. Informações importantes para uma primeira análise do conteúdo.
- Capítulo – 2: Revisão Bibliográfica  
  
Detalhamento das técnicas proposta pelo Sistema Toyota de Produção, como por exemplo: Just in Time (JIT), Kanban, Controle de Qualidade com Zero defeitos, Redução de Setup, Manutenção Produtiva Total, Células de Manufatura e Tecnologia de Grupo (TG). Neste capítulo encontram-se também relacionados algumas técnicas para definição dos grupos básicos da TG.
- Capítulo – 3: Aplicação do Sistema Toyota de Produção para redução do *lead-time*

Neste capítulo será apresentado um método conceitual, detalhado passo a passo para orientar, planejar, programar e executar a produção de forma eficiente, objetivando a melhor organização e, conseqüentemente, atingindo o objetivo da redução do tempo de ciclo (lead-time). Este capítulo busca detalhar desde o momento de concepção do novo layout até a utilização da Tecnologia de Grupo para a formação de possíveis células de manufatura, passando pela demonstração de como cada técnica deve ser empregada individual e coletivamente.

- Capítulo – 4: Estudo e aplicação do método proposto

Descreve-se neste capítulo o estudo de caso onde ocorreu a implantação do sistema de produção. A empresa em questão é fabricante de móveis, está situada no norte do estado do Espírito Santo e se encaixa perfeitamente na descrição de indústria que produz por lotes repetitivos. Também é comparado, neste capítulo, o desempenho do sistema convencional, atualmente utilizado pela indústria, com o sistema proposto.

- Capítulo – 5: Conclusões e recomendações para próximos trabalhos

São apresentadas as conclusões obtidas através do desenvolvimento do trabalho e recomendações para trabalhos futuros.

Para melhor entendimento da proposta, abaixo segue apresentação diagramada:

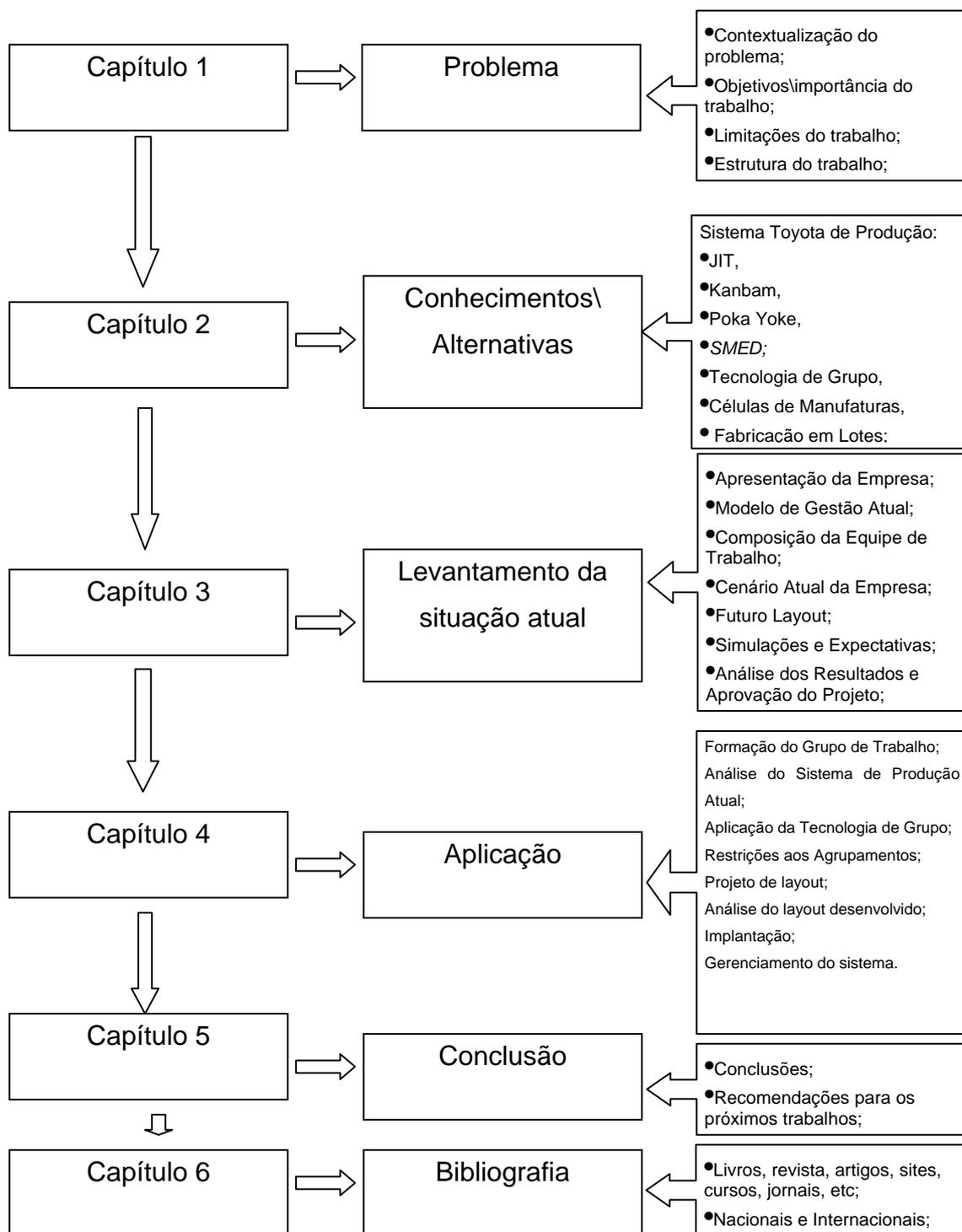


FIGURA 1.1 – DIAGRAMAÇÃO DOS CONTEÚDOS DOS CAPÍTULOS

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

Nesta seção serão descritos os conceitos obtidos a partir da revisão bibliográfica, a fim de embasar o assunto desenvolvido neste trabalho. Pesquisas desenvolvidas por outros autores e publicadas sob a forma de artigos científicos e congressos também serão analisados com a finalidade de posicionar o assunto com os padrões atuais.

### **2.2 O SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO**

A indústria automobilística japonesa, por meio da Toyota Motor Co., após a Segunda Guerra Mundial, consolidou um sistema de produção bem típico a sua cultura. Esse sistema integra diversas técnicas de engenharia industrial e conceitos (princípios) de gerenciamento, que ficaram conhecidos mundialmente como Sistema Toyota de Produção (STP) na época, e que hoje são identificadas por manufatura enxuta (*lean production*). A revisão bibliográfica do STP servirá para introduzir cada técnica proposta por esse sistema e descrever como cada uma irá contribuir para a redução do tempo de ciclo (*lead-time*). Será utilizado como foco principal o método de produção *Just in Time* (JIT), pois este é considerado por autores consagrados, como por exemplo, SLACK et al. (1999), SHINGO (1996), TUBINO (1999) dentre outros, como o maior responsável pela redução das perdas e atrasos gerados pela produção.

Na busca pela eliminação dos desperdícios nos processos produtivos, a fim de garantir a sobrevivência da empresa, nascia na Toyota Motor Co. a produção *Just in Time*. OHNO (1997), um dos criadores desse método, define assim sua criação: *Just in Time* significa que, em um processo de fluxo, os componentes

corretos devem chegar à linha de montagem somente no momento e na quantidade certos.

O principal objetivo da aplicação do método de produção *Just in Time* é a eliminação dos inventários. Viabiliza-se assim, o gerenciamento visual da fábrica, uma rápida percepção do ambiente fabril e a tomada de decisão quase instantânea de uma eventual intervenção.

Um outro diferencial competitivo alcançado com o Just in Time é a flexibilidade. Com a utilização dessa técnica é possível atender uma grande quantidade de pequenos pedidos de produtos diferentes, o que não acontece com a produção de lotes repetitivos, que, necessariamente, tem que produzir grandes lotes de baixa diferenciação a fim de viabilizar a produção.

### **2.2.1 TÉCNICAS E PRINCÍPIOS DE GERENCIAMENTO DA PRODUÇÃO JIT**

Para se obter o sucesso total com a utilização do JIT é necessário que todas as técnicas de engenharia industrial e princípios de gerenciamento do JIT sejam implantados, conforme afirma MONDEN (1984).

Segundo CHANG (2005), inventário quer dizer desperdício, ineficiência.

São maiores as chances de se obter sucesso na implantação da produção JIT, quanto maior for a quantidade de técnicas proposta por esse sistema. Podem-se destacar os principais pontos de aplicação do JIT:

#### **2.2.1.1 KANBAN**

Baseando-se nos sistemas dos tradicionais supermercados americanos, Taiichi Ohno desenvolveu uma forma de planejar, programar e controlar a produção focalizada com células de manufatura. OHNO (1997) destaca o seguinte: “A linha de produção (ou estoque) é disposta na forma de um supermercado, onde o cliente (processo final) retira apenas o que é necessário (peças necessárias para a produção de um determinado produto) e tão logo se atinja um

determinado estoque mínimo esta retirada é repostada, reabastecendo a prateleira (estoque)".

TUBINO (1999) atualiza a definição de Ohno dizendo que o sistema *Kanban* funciona baseado no uso de sinalizações para ativar a produção e movimentação dos itens pela fábrica. Essas sinalizações são convencionalmente feitas com bases nos cartões *Kanban* e nos painéis porta-*Kanbans*. Porém, pode utilizar-se de outros meios, que não cartões, para transmitir tais informações. Os cartões *Kanban* convencionais são confeccionados de material durável, para suportar o manuseio decorrente do giro constante entre os estoques do cliente e do processo.

Face às filosofias que norteiam os processos de manufatura, a proposta deste sistema significa a inversão do fluxo lógico de produção. O fluxo de produção deixa de ser “empurrado” pelo processo inicial para ser “puxado” pelo processo final. O *Kanban* prega que os processos de montagem, analogamente aos clientes de supermercado, busquem (puxar) as peças necessárias disponíveis nos processos anteriores, nas quantidades necessárias e no momento certo. Esta analogia é esquematizada na figura 2.1. A situação a) mostra o sistema convencional e a situação b) mostra o sistema JIT.

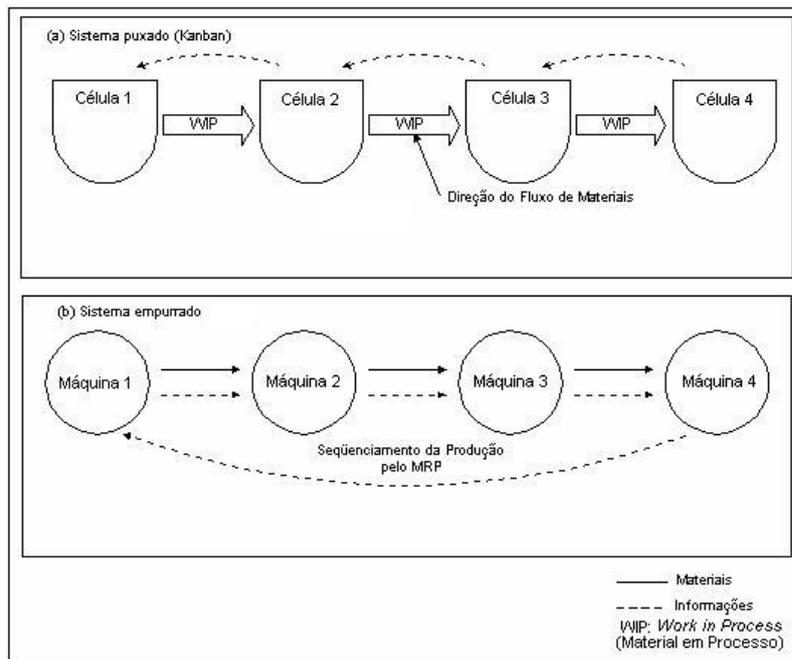


FIGURA 2.1 – FLUXOGRAMA REPRESENTATIVO DOS SISTEMAS DE PUXAR E EMPURRAR A PRODUÇÃO, BLACK (1991)

A figura 2.2 representa um típico cartão *Kanban* que é fixado nos contenedores. Estes cartões carregam uma série de informações, como por exemplo: dados de coleta; informação de transferência e descrição do produto.

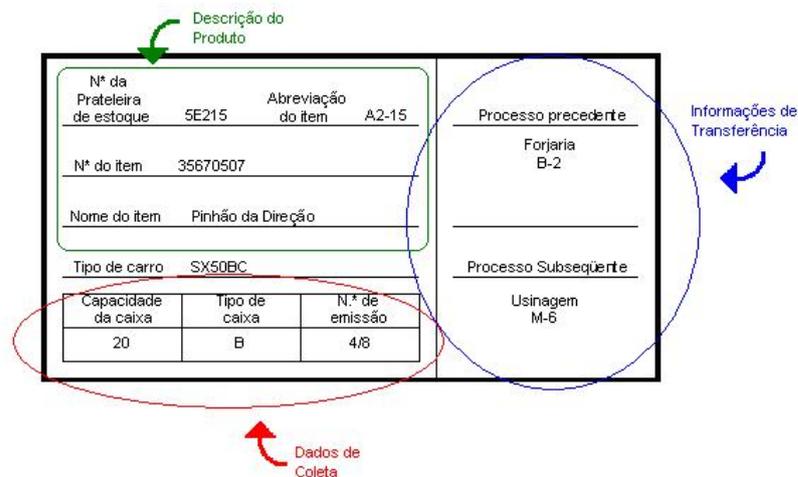


FIGURA 2.2 – EXEMPLO DE UM CARTÃO KANBAN DE REQUISIÇÃO, MONDEN (1984)

*Kanban* é uma ferramenta fundamental para o funcionamento da produção JIT e deve ser utilizado como forma de planejamento e controle da produção no chão de fábrica.

### 2.2.1.2 CONTROLE DE QUALIDADE COM ZERO DEFEITOS OU “POKA-YOKE”

Consiste em um conjunto de técnicas capazes de identificar o problema imediatamente. Assim que identificado o problema, este pode ser tratado utilizando técnicas como espinha de peixe, “5W1H” (que consiste no questionamento do trabalho em execução com cinco perguntas básicas: Por que?, O que?, Onde?, Quando, Quem? e Como?, do inglês: Why, What, Where?, When? Who? e How?; dessa forma desenvolvendo um novo e melhorado método de trabalho), ou ciclo PDCA, entre outros. Força-se, assim, uma ação corretiva no sentido de eliminar o problema e não propagando defeitos de processos, e assim viabilizando o Zero Defeitos. GHINATO (1996) aponta quatro pontos fundamentais para a sustentação do Controle de Qualidade Zero Defeitos. São eles:

1. Inspeccionar e controlar cada processo desde a origem garantindo, de forma preventiva, a ocorrência de defeitos cumulativos;
2. Inspeccionar 100% cada lote e não somente fazer amostragens;
3. Reduzir o tempo entre a detecção do erro e da tomada de ação;
4. Utilizar dispositivos tipo *Poka-Yoke* garantindo a eficácia da inspeção.

Conforme SHINGO (1989), o dispositivo *Poka-yoke* em si não é um sistema de inspeção, mas um método de detectar defeitos ou erros que pode ser usado para satisfazer uma determinada função de inspeção. A inspeção é o objetivo, o *Poka-yoke* é simplesmente o método. Por exemplo, um gabarito que rejeita uma peça processada incorretamente é um *Poka-yoke* que desempenha a função de inspeção sucessiva. Contudo GHINATO (1996) destaca outras formas de acoplamento de dispositivos *Poka-yoke*, como em operações de transportes, de inspeção e até estocagem. Os dispositivos *Poka-yoke* são práticos e com inúmeras características, como:

- Inspeção horizontal na fonte que possibilita identificar e controlar condições dentro de uma operação que afeta a qualidade;
- Possibilitam a inspeção 100% através do controle físico ou mecânico;
- Em geral, apresentam baixo custo de implantação e manutenção.

### **2.2.1.3 OPERADORES POLIVALENTES**

Segundo TUBINO (1999), a flexibilidade do sistema de produção JIT tem por base a distribuição dos trabalhos entre operadores polivalentes ou multifuncionais. O autor destaca que a função dos operadores polivalente é a de absorver no médio prazo as variações na demanda, expressas em termos de diferentes tempos de ciclos, pela mudança da sua rotina de operações padrão. Ou seja, um operador polivalente é aquele que tem condições técnicas de cumprir diferentes rotinas de operações padrão em seu ambiente de trabalho.

A liberdade de deslocamento do operador no interior da célula, ou ao longo de uma linha, permite um alto grau de flexibilidade em relação a variações na demanda. Essa possibilidade de ajuste é denominada na Toyota de “Shojinka”.

Na figura 2.3 é exemplificado como os operadores polivalentes tipicamente atuam em uma linha ou célula de produção. Neste caso o primeiro operador é responsável pelas máquinas 1, 2 e 3, o segundo operador pelas máquinas 4, 5, 6 e 7 e o terceiro operador comanda as máquinas 8, 9 e 10.

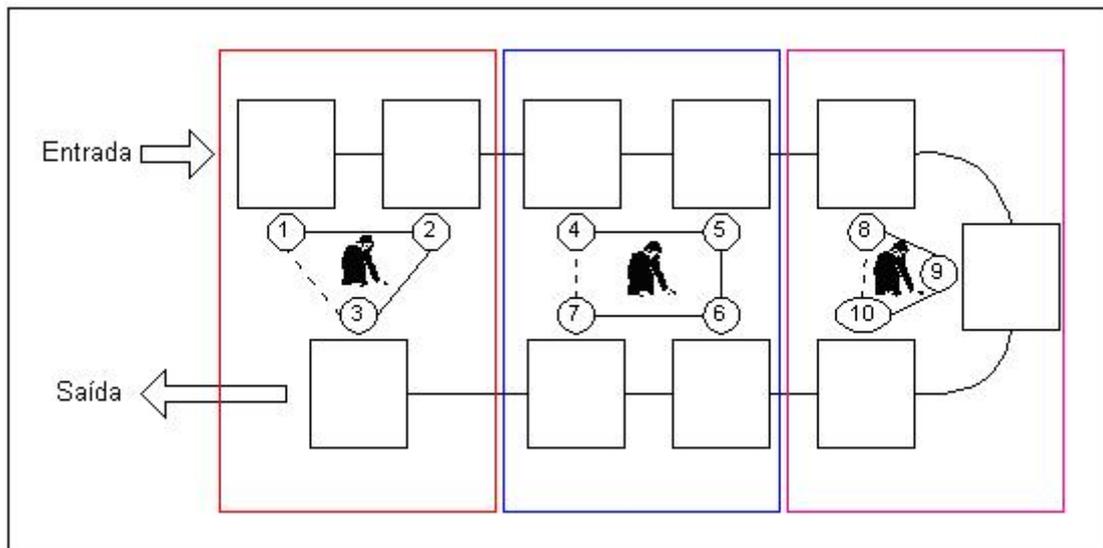


FIGURA 2.3 – ALOCAÇÃO DE OPERÁRIOS NA CÉLULA, MONDEN (1984)

BISCHAK (1995) desenvolveu estudo comparativo, através de um método computacional, analisando um sistema de produção com operários fixos e o sistema de produção com operários polivalentes se movimentando dentro das células de manufatura, a seguir estão elencadas algumas vantagens identificadas por BISCHAK (1995):

1. Maior flexibilidade na administração da produção;
2. Redução do estoque em processo;
3. Minimização do impacto gerado pelo desbalanceamento entre postos de trabalhos;
4. Redução do custo de mão-de-obra direta e conseqüentemente aumento da produtividade “*per capita*”;
5. Melhor qualidade dos produtos.

TUBINO (1999) complementa ainda que além de permitir maior flexibilidade ao sistema produtivo, a polivalência dos operadores possibilita uma série de

vantagens adicionais quando comparadas ao sistema tradicional de trabalho monofuncional (Taylorista/Fordista), dentre as quais:

- Maior comprometimento dos operários com as metas gerais da produção. Devido a sua multifuncionalidade há um elevado grau de entendimento do processo como um todo;
- Minimização dos impactos causados pela monotonia gerada pela rotina. Aumentando o grau de atenção e prevenindo a incidência de erros e acidentes de trabalho;
- Com rotatividade funcional gera-se, naturalmente, um ambiente de aprendizagem;
- Técnicas como TQC (Ciclo de Qualidade Total) são facilmente aplicadas devido à necessidade de se trabalhar em grupo;
- Remuneração mais condizente com as atividades desenvolvidas. O índice que norteia a remuneração não mais será o tempo de trabalho, mas sim o grau de habilidade ou multifuncionalidade do mesmo.

Sob o ponto de vista de ZILBOVÍCIUS (1999), não há alteração na divisão do trabalho dentro da fábrica; o que acontece é a desvinculação do método tradicionalmente proposto por Ford, que vincula o operador com seu posto de trabalho. Contudo a alocação de tarefas (e não de operadores) continua da mesma forma, conforme a lógica clássica da engenharia de produção tida como Taylorista.

#### **2.2.1.4 OPERAÇÕES PADRONIZADAS**

A avaliação do verbete “operação”, segundo o dicionário AURÉLIO ELETRÔNICO (2004), é: “Complexo de meios que se combinam para a obtenção de certo resultado” e “padrão” significa: “Aquilo que serve de base ou norma para a avaliação de qualidade ou quantidade”. Por dedução conclui-se

que Operação Padronizada é um conjunto de atividades que combinadas geram resultados sempre semelhantes.

Com operações padronizadas atinge-se um alto nível de produtividade. Conforme afirma MONDEN (1984), isso se deve à determinação de uma seqüência padronizada de operações a serem executadas pelos operadores, descritas em documentos chamados “cartões de produção-padrão”. SHINGO (1989) cita uma breve descrição do Sr Taiichi Ohno para os cartões de produção-padrão:

“O cartão de produção-padrão combina de forma efetiva materiais, trabalhadores e máquinas para que produzam com eficiência. Na Toyota, esse procedimento é chamado de combinação do trabalho. O resultado é o procedimento padronizado do trabalho.”

A padronização das operações, executada de forma sistêmica, é o ponto fundamental para a garantia da repetitividade da qualidade do processo e do produto.

Segundo NUNES (1997), os pontos fortes da padronização são:

1. Representar o melhor, mais fácil, mais seguro caminho de realizar um trabalho;
2. Oferecer o melhor caminho para preservar o conhecimento do saber fazer (*know-how*). Padrões especificados evitam que o conhecimento saia com os empregados;
3. Fornecer um caminho para medir o desempenho;
4. Mostrar a relação entre causa e efeito. Padrões são baseados em experiências anteriores: se as pessoas fazem as coisas de certa forma, elas sabem quais resultados acontecerão;

5. Fornecer uma base para a manutenção e a melhora. Seguir os padrões significa manutenção, modificá-los com melhorias significa melhorá-los;
6. Fornecer uma base para o treinamento. Treinar operários para fazer o trabalho automaticamente, de acordo com os padrões;
7. Fornecer objetivos e fixar metas de treinamento. Padrões escritos, ou em outras formas visuais, mostram o que deve ser aprendido;
8. Criar uma base para auditoria e diagnose. Os padrões servem para lembrar constantemente aos operários, o que deve ser feito e ajudar os gerentes a checar se o trabalho flui normalmente;
9. Propiciar meios para prevenir a reincidência de erros.

Com a padronização das operações é permitido executar o balanceamento das linhas de produção em função dos tempos de fabricação. Para isso deve-se determinar o tempo de ciclo (tempo necessário para produção de uma peça ou unidade, *lead-time*) para as operações padronizadas.

SHINGO (1989) define tempo de ciclo como o equivalente ao tempo de trabalho total, dividido pela quantidade de produção, conforme apresentada a seguir:

$$\text{Tempo\_de\_ciclo} = \frac{\text{Tempo\_efetivo\_de\_operação\_diária}}{\text{Quantidade\_diária\_necessária\_de\_produção}} \text{ (Fórmula1)}$$

Com a padronização das operações é possível atingir um estágio de reduções de materiais em processo, denominada de “quantidade padrão de material em processo”. Alcançando este objetivo, o nível de inventário tenderá a cair drasticamente.

### 2.2.1.5 REDUÇÃO DOS TEMPOS DE PREPARAÇÃO “SETUP”

A questão mais traumática que se pode abordar em uma indústria é a produção de itens diferentes em pequenos volumes. Isso se deve aos longos tempos de preparação de máquinas, que são necessários quando se muda o objeto da produção. A flexibilidade exigida pelo mercado não pode ser seguida tão de perto pelos processos de manufatura. Não podia. Até Shigeo Shingo desenvolver o sistema SMED (*Single-Minute Exchange of Die* ou Troca Rápida de Ferramentas – TRF), no qual o tempo de preparação de máquinas deve ser completado em, no máximo, nove minutos ou um dígito conforme afirma SHINGO (1989).

Dessa forma é possível trabalhar com lotes mínimos de fabricação, diminuindo significativamente o tempo de ciclo ou “*lead-time*”.

Segundo MONDEN (1984) as maiores vantagens oferecidas pelo sistema de troca rápida de ferramentas são: redução dos estoques, orientação da produção por ordem de serviço e a flexibilidade para adequação as novas necessidades de demanda.

Assim sendo, a organização das máquinas em células de manufatura para a fabricação de famílias de peças com características de processo semelhantes favorece a redução do tempo e da frequência dos “*setup’s*”. SHINGO (1989) afirma inclusive que mesmo com lotes grandes de produção a maior redução no tempo de ciclo se obtém quando cada item é transportado unitariamente entre os processos, o que reforça as vantagens da utilização das células na manufatura.

HOLLAND (2003) argumenta que antes de investir no aumento da capacidade deve-se primeiro avaliar as possibilidades de ganhos decorrentes dos *set-up’s*.

### 2.2.1.6 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM-TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE)

A Manutenção Produtiva Total ou TPM, como ficou mundialmente conhecida, veio a substituir o antigo sistema de manutenção que consistia apenas na manutenção corretiva, ou seja, concertando na medida em que as máquinas iam apresentando problemas. Esse tipo de sistemas gerava uma série de problemas como desperdícios, retrabalhos, perda de tempo e de esforços humanos, além de prejuízos financeiros. A TPM surgiu após uma profunda análise desses problemas com a sistematização de novos conceitos de manutenção como, por exemplo: as manutenções preventivas e preditivas. Originalmente, surgiu nos Estados Unidos, e foi implantada em 1950 na empresa japonesa Toa Nenryo Kogyo. Mas apenas em 1970, no Japão, o termo Manutenção Produtiva Total (TPM – *Total Productive Maintenance*) teve seu nascimento de fato, conforme é exposto na tele-aula do telecurso segundo grau oferecido pela Fundação Roberto Marinho.

A TPM se fundamenta em cinco pilares bases, conforme figura 2.4.

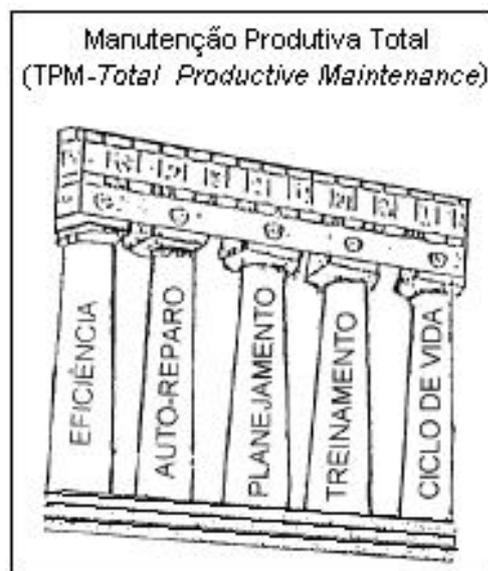


FIGURA 2.4 – ESQUEMÁTICO DOS CINCO PILARES BASE DA TPM

Analogamente a uma estrutura de pilar e viga, a Manutenção Produtiva Total (MPT ou TPM – *Total Productive Maintenance*) pode ser assim

representada: Cinco pontos são fundamentais para sustentação da TPM, a Eficiência, o Auto-reparo, o Planejamento, o Treinamento e o Ciclo de Vida. Se um desses pilares estiver sub-dimensionado pode prejudicar a estrutura.

Cada pilar segue os seguintes princípios:

- Privilegiar as atividades que aumentam a eficiência operacional do equipamento;
- Estabelecimento de um sistema de manutenção autônomo pelos operadores;
- Estabelecimento de um sistema planejado de manutenção;
- Estabelecimento de um sistema de treinamento objetivando aumentar as habilidades técnicas do pessoal;
- Estabelecimento de um sistema de gerenciamento do equipamento.

O objetivo global da TPM é a melhoria da estrutura da empresa considerando tanto as estruturas materiais (máquinas e equipamentos) como os fatores humanos (melhorando os conhecimentos dos operadores).

#### **2.2.1.7 PRODUÇÃO FOCALIZADA EM CÉLULAS DE MANUFATURA**

A produção focalizada em células de manufatura caracteriza-se pela analogia ao método proposto por Ford, onde uma linha de produção fabrica apenas um determinado produto e caso se necessite ampliar a quantidade produzida, aumenta-se o número de máquinas e estações de trabalho. A produção focalizada sugere que produtos diferentes devam ser produzidos em linhas diferentes e, caso seja necessário, aumentar os volumes produzidos, deve-se criar novas linhas de produção, caso não seja possível o aproveitamento da ociosidade das células disponíveis.

Sendo assim, cada produto, ou família de produto, distinto passa a ser tratado como um negócio específico com suas características mercadológicas e produtivas próprias, seguindo uma estratégia competitiva adequada e particular.

Segundo KANAWATY (1984), fábricas, ou mini-fábricas como define o autor, constituídas de unidades independentes de produção, dentro de uma fábrica “mãe”, possuem maiores facilidades operacionais relativas à tomadas de decisões diárias sobre a produção, simplicidade do fluxo, menor quantidade de itens a controlar, áreas menores, etc., aumentando, conseqüentemente, sua eficiência e facilitando o gerenciamento. Uma mini-fábrica pode ser estabelecida de duas formas básicas: através de pequenos edifícios independentes ou pequenos módulos de trabalho dentro de um grande edifício.

Este tipo de projeto é comumente encontrado em montadoras de veículos, onde pequenas empresas de produção focalizada posicionam-se próximas à fábrica principal, formando uma espécie de condomínio, aproveitando das vantagens operacionais e logísticas oferecidas. HARMON e PETERSON (1991) elencam as seguintes vantagens que fábricas focalizadas possuem em relação às fábricas convencionais:

- Domínio do processo produtivo: maior agilidade na comunicação interna e alto grau de conhecimento do produto e do processo;
- Melhor integração entre gerência e chão de fábrica: devido a simplicidade do organograma e dos indicadores de desempenho ações podem ser tomadas instantaneamente;
- Áreas de apoio extremamente focadas: com o alto grau de conhecimento do produto e do processo as ações tomadas pelos setores que compõem essas áreas são surpreendentemente eficazes;

- Polivalência funcional: cada funcionário é “responsável” por diversas atribuições de setores distintos, como por exemplo: qualidade, manutenção e programação;
- Menor disponibilidade de recursos: com a redução dos níveis de estoques são facilmente identificadas as atividades que não agregam valor e as condições de carga das máquinas.

Assim sendo tais empresas conseguem se tornar mais competitiva e eficiente.

### **2.2.2 TECNOLOGIA DE GRUPO**

BHIDE *et al.* (2005) e MOLLEMAN *et al.* (2002) defendem que a tecnologia de grupo, juntamente com a manufatura celular, tem sido reconhecida como a “chave” para aumentar a produtividade de um sistema de produção.

MOURA (1984) define Tecnologia de Grupo (TG) da seguinte forma:

Tecnologia de Grupo: é uma importante ferramenta para se trabalhar na filosofia JIT. A tecnologia de grupo é a ferramenta básica para se conseguir redução do tempo de preparação e eficiência na produção. Essa ferramenta tem como característica separar os produtos por alguma semelhança em formato, em forma de construção, ou na utilização de certos equipamentos no desenvolvimento de sua seqüência operacional. Quanto mais similar o produto, mais forte é a formação da família. Com a utilização da tecnologia de grupo, através da criação das famílias é possível desenvolver e aplicar outra ferramenta que são as células de manufatura. Consisti em agrupar a fabricação de “famílias” de componentes, em

contraposição à fabricação agrupada por processos, característica do *layout* funcional.

HYER & WEMMERLÖV (1984) completam essa definição dizendo que TG é estilo de produção onde há um agrupamento de peças, ou processos, similares a fim de aproveitar essa similaridade na definição de projetos, de manufatura, de planejamento, de compras e de controle da produção, etc.

### 2.2.2.1 TÉCNICAS DESENVOLVIDAS PARA DEFINIÇÃO DOS GRUPOS

Nesta seção são apresentas sete técnicas para formação de grupos descritos por SINGH (1993) em seu artigo. São elas:

#### 1. Sistema de classificação e codificação de peças:

- Baseia-se na atribuição de códigos a determinadas peças, onde tais códigos levam consigo a descrição da peça e será utilizado para a formação de famílias;

#### 2. Análise da matriz peça/máquina:

- Caracteriza-se pela permutação de linhas e colunas em uma matriz de incidência peça\máquina, sendo baseada na Análise de Fluxo de Produção. A figura 2.5 apresenta uma matriz de incidência e sugere uma possível solução de diagonalização para um possível agrupamento.

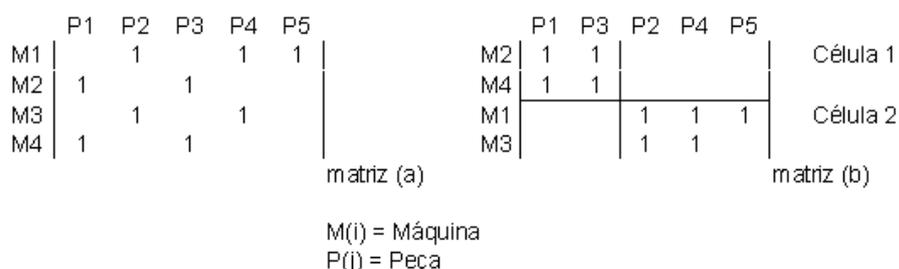


FIGURA 2.5 – DIAGONALIZAÇÃO DA MATRIZ DE INCIDÊNCIA.

#### 3. Métodos baseados em coeficientes de similaridade:

- Consiste na composição de famílias com componentes/peças que possuam características similares de projeto e fabricação, identificadas por coeficientes de similaridades predefinidos.
4. Métodos matemáticos e heurísticos:
- Caracteriza-se pela utilização de programação matemática e outros métodos analíticos ou heurísticos;
5. Métodos baseados em reconhecimento de padrões e conhecimentos:
- Através de softwares que utilizam inteligência artificial baseado no conhecimento dos sistemas especialistas e otimização, capacidade de máquina, capacidade de transporte de materiais, recursos tecnológicos e nas dimensões das células, para compor agrupamentos;
6. Conjuntos difusos:
- Este método busca resolver os confrontos gerados pelas análises de peças que não tem custos de processamento, tempo de processo e demanda bem definidos.

#### **2.2.2.2 O FORMATO DAS CÉLULAS DE MANUFATURA**

Serão abordados quatro tipos de organização celular possível, proposta por Silveira (1994):

- Máquina Célula:

Este tipo de arranjo consiste numa célula onde uma máquina principal de alta produtividade é responsável por toda, ou quase toda, etapa de processamento, exemplo: Centros de Usinagem de Controle Numérico.

- Célula em “U”:

Como o próprio nome sugere, este arranjo é disposto fisicamente em formato de “U” onde o trabalhador, ou os trabalhadores, podem movimentar-se facilmente em seu interior, viabilizando a operação de diversos equipamentos por apenas um operador.

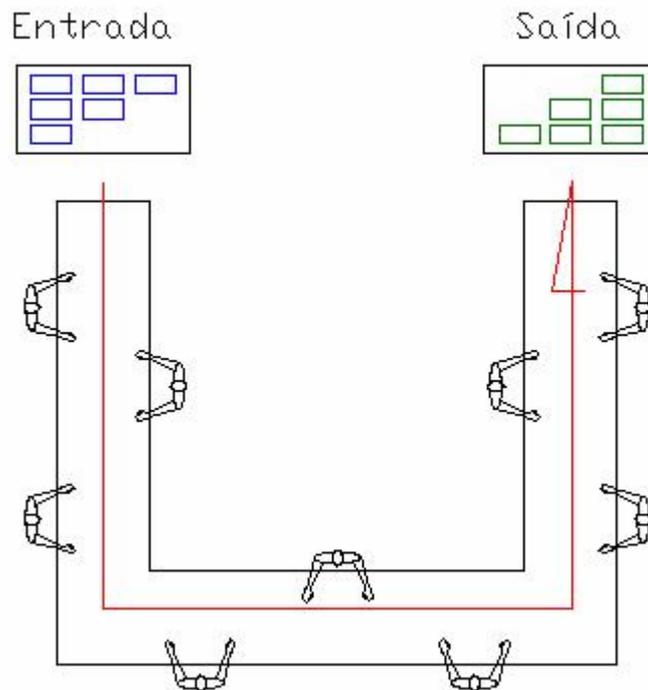


FIGURA 2.6 – LAYOUT CELULAR ESTILO U

- Célula em linha:

Neste arranjo as máquinas são posicionadas uma na seqüência da outra e são interligadas por esteiras mecanizadas, onde a peça a ser fabricada passa por todas as máquinas e é processada por todas.

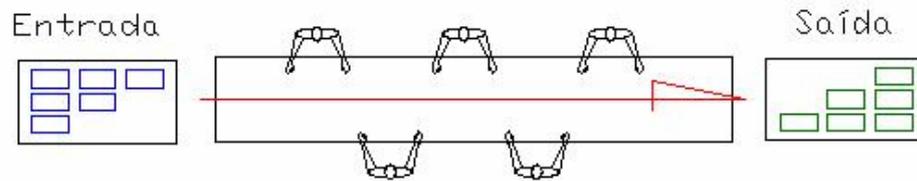


FIGURA 2.7 – LAYOUT CELULAR ESTILO LINHA

- Célula em “Loop”:

Neste arranjo as máquinas são posicionadas de forma a fechar um circuito e são interligadas por uma esteira mecanizada, por onde circulam as peças e são processadas em alguns equipamentos.

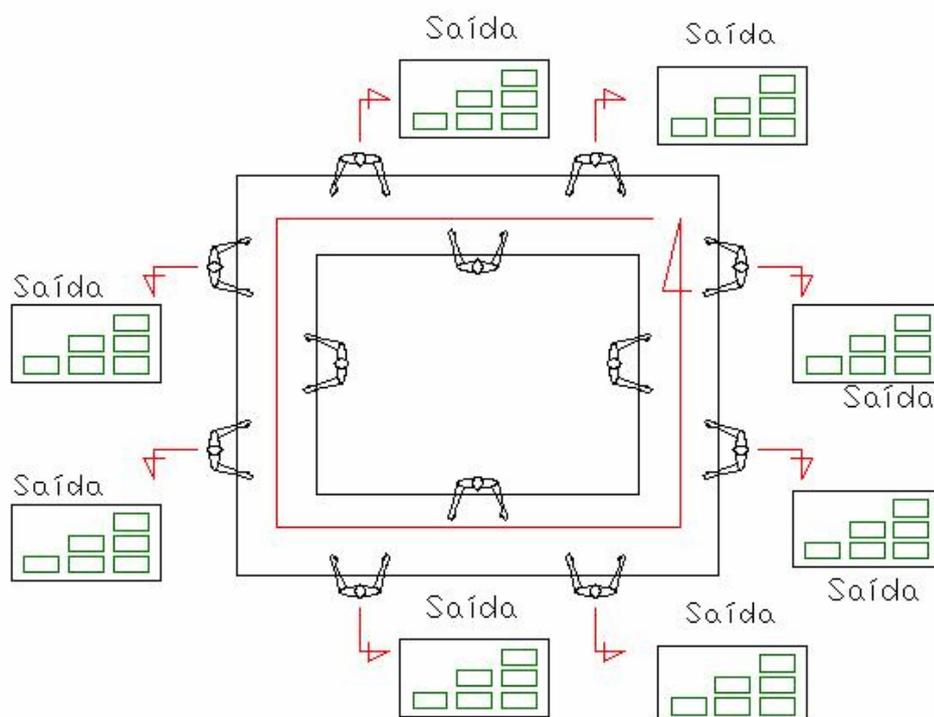


FIGURA 2.8 – LAYOUT CELULAR ESTILO LOOP

## **2.3 FABRICAÇÃO REPETIDA EM GRANDES LOTES E PRODUÇÃO EM PEQUENOS LOTES**

A decisão de optar por produzir em grandes lotes ou em pequenos lotes infelizmente não cabe somente a empresa. Essa decisão é principalmente regida pelas leis de mercado e pela demanda do usuário.

Em períodos de crescimento econômicos acelerados, ou desacelerados, são geradas circunstâncias sociais mutáveis que fogem do controle das empresas. No período mais aquecido é fácil atender um (ou vários) nicho de mercado, entretanto nos períodos de baixo consumo são os compradores que definem o cenário econômico e por sua vez ditam as regras. Assim sendo as empresas devem ser flexíveis o suficiente para atender a novas e diferentes demandas do mercado conforme afirma SHINGO (1996).

SAIBAL *et al.* (2004) afirmam que os consumidores, principalmente os de serviços, estão cada vez mais interessados no nivelamento do *lead time* oferecido, sobre tudo pelas empresas do tipo *make-to-order*.

### **2.3.1 FABRICAÇÃO REPETITIVA EM GRANDES LOTES**

Para indústrias que cresceram sem uma focalização bem orientada, a produção repetitiva em lotes trouxe grandes desvantagens. Em alguns casos maiores que as próprias vantagens oriundas desses sistemas. Como por exemplo, podem-se citar as perdas por superprodução, perdas por transportes, etc.

Visando ocupar ao máximo as máquinas compreendidas num processo produtivo a idéia de produção em massa parece, à primeira vista, ser a mais indicada, pois reduz o número de *setup's*, diminui o tempo ocioso, dentre outras vantagens.

Também conhecida como produção “antecipada” ou produção “planejada”, é baseada apenas em suposições. Mesmo sendo orientada por um histórico de vendas e por pesquisas de mercado. Assim como se baseia em previsões e estimativas, o resultado tende sempre diferente da demanda real.

### **2.3.2 PRODUÇÃO EM PEQUENOS LOTES**

Diferentemente da produção em grandes lotes a produção baseada em pequenos lotes visa diminuir a quantidade de produtos em cada lote e aumentar o número de lotes produzidos num mesmo período (aumento no mix de produção).

Mas essa estratégia só conseguiu ser bem sucedida com a aplicação do sistema de Troca Rápida de Ferramentas (TRF) desenvolvida por Shigeo Shingo e Taiichi Ohno.

### **2.3.3 LAYOUT CELULAR VERSUS LAYOUT FUNCIONAL**

Infelizmente as empresas não conseguem avaliar, com exatidão, os desperdícios que a utilização do *layout* tradicional pode trazer. SHINGO (1996), em seu livro, cita uma afirmação do Sr Taiichi Ohno, que está no prefácio do livro deste último, afirmando que a produção em massa americana é a antítese do Sistema Toyota de Produção:

O Sistema Toyota de Produção desenvolveu-se a partir de uma necessidade. Certas restrições no mercado tornaram necessária a produção de pequenas quantidades de muitas variedades (de produtos) sob condições de baixa demanda; foi esse o destino da indústria automobilística japonesa no período de pós-guerra.

Ao contrário do que se apresenta no *layout* funcional convencional, o *layout* celular oferece uma vantagem bastante peculiar. O processo passa a ser

contínuo e não mais setorizado. Com isso, o *lead-time* reduz consideravelmente.

O *lead-time* é a somatória dos tempos de tramitação da ordem de fabricação (tempo compreendido entre a efetivação do pedido e a chegada da ordem de produção na máquina), tempo de espera, *setup's*, transporte e processamento. Na tabela seguinte, destacam-se vantagens que o *layout* celular pode oferecer em cada caso:

| <b>TEMPO</b>                               | <b>Vantagens oferecidas com a utilização do <i>layout</i> celular</b>  |
|--|--|
| Tempo de tramitação da ordem de fabricação | É drasticamente reduzido com a utilização do sistema Kanban  |
| Tempo de espera                            | Devido à produção ser seqüencial e de processamento unitário é eliminado;  |
| Tempo de preparação ( <i>setup</i> )       | É reduzido devido à produção estar agrupada por famílias e também à utilização do sistema SMED ( <i>Single Minute Exchanged of Die</i> );                        |
| Tempo de processamento                     | Reduzido em consequência da redução do tempo de <i>setup</i> e do tamanho do lote;   |
| Tempo de transporte                        | Com o processamento unitário e a proximidade dos equipamentos o transporte pode ser feito pelo próprio operador sem haver necessidade de equipamentos especiais. |

TABELA 2.1 – VANTAGENS OFERECIDAS PELO LAYOUT CELULAR

A produção baseada em células de manufatura forma a base para o funcionamento das mini-fábricas, citadas no item 2.2.8. As células de manufatura focalizam a produção em grupos de famílias, aumentando as oportunidades de melhorias devido à aproximação das máquinas e a criação do conceito de cliente/fornecedor entre os operadores adjacentes, dentro e fora da célula.

Neste tipo de empresa diversos pontos de comunicação são facilitados, como por exemplo, a comunicação entre operadores, a descentralização dos serviços de apoio e o *feed back* a respeito dos itens produzidos.

As figuras 2.9 e 2.10 apresentam como é tipicamente organizado um *layout* funcional e um *layout* celular, respectivamente. No primeiro caso é possível observar que as máquinas estão agrupadas de acordo com a função executada por elas e seqüenciadas de forma a obedecer às etapas de produção.

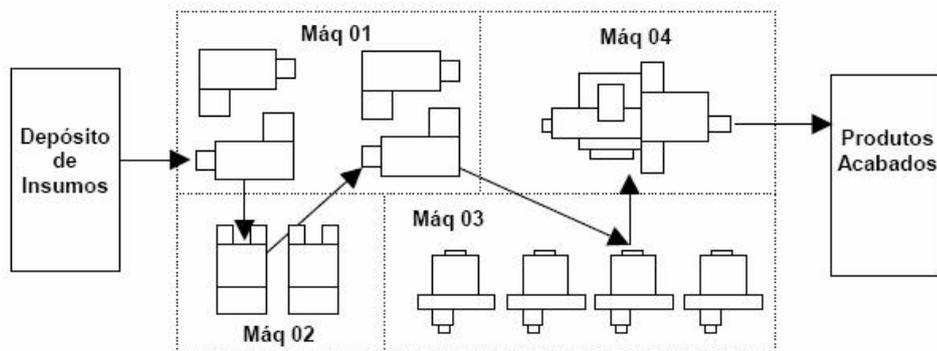


FIGURA 2.9 – LAYOUT FUNCIONAL

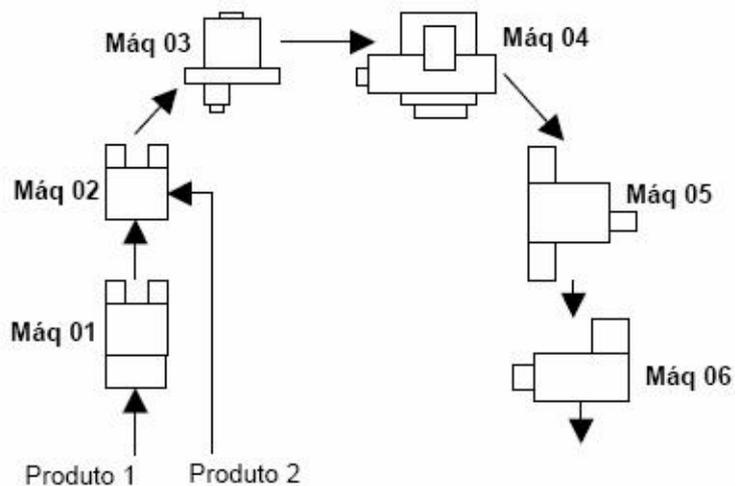


FIGURA 2.10 – LAYOUT CELULAR

#### 2.3.4 PROBLEMAS PARA PRODUÇÃO FOCALIZADA

LOPES (1998) apresenta em seu trabalho, uma análise de empresa do setor moveleiro que tinha seu *layout* arranjado de forma convencional e passou a

adotar o *layout* celular para seus processos de produção. Para tanto, utilizou como ferramentas principais a Tecnologia de Grupo e a simulação computacional.

Como resultado de sua análise, Lopes conseguiu identificar algumas vantagens bastante relevantes, tais com:

- 71% de redução do tempo de fabricação dos itens;
- 30% de redução dos estoques em processos;
- 6,7% de redução dos estoques intermediários e de 46% de redução do estoque de montagem e de acabamento, conseqüentemente uma simplificação do processo produtivo;
- 21% de redução do espaço físico utilizado, decorrente do melhor aproveitamento de sua utilização.

Para Lopes, a maior contribuição do trabalho foi propor às empresas que utilizam sistemas convencionais, a utilização de um sistema mais eficiente.

ARVINDH (1994) expõe, em seu artigo, algumas dificuldades quanto à definição do *layout* celular, como por exemplo: critérios bem definidos para a duplicação de máquina, definição adequada do *layout* intracelular e definição adequada do *layout* intercelular.

Já HAWANG & REE (1996) propõem um procedimento diferente para a formação de células, consistindo basicamente de dois estágios. Primeiro através do somatório dos coeficientes de compatibilidade, analisando peça por peça sua rota principal. Num segundo momento, há a formação das famílias baseando-se no resultado do estágio anterior e utilizando o método generalizado *p-median* de Kusiak.

### 2.3.5 O PCP E A PRODUÇÃO EM PEQUENOS LOTES

Com o objetivo de desenhar um novo cenário de tendências, formado após as mudanças ocorridas na área de Planejamento e Controle da Produção (PCP) nas empresas que adotaram o uso da produção em pequenos lotes e com células de manufatura, OLORUNNIWO (1996) pesquisou 57 empresas americanas que optaram por esta forma de produção. Diversos pontos foram abordados nesta pesquisa. Entre eles pode-se citar: a técnica de Programação e Controle da Produção que estava sendo utilizada pela empresa antes e após a mudança. As mais citadas foram: ponto de pedido (ROP); planejamento dos recursos de manufatura (MRP); "Kanban" (KAN); tecnologia otimizada da produção (OPT). Cada empresa poderia informar os casos em que estava utilizando processos simultâneos. Estes dados estão projetados no Gráfico 2.1.

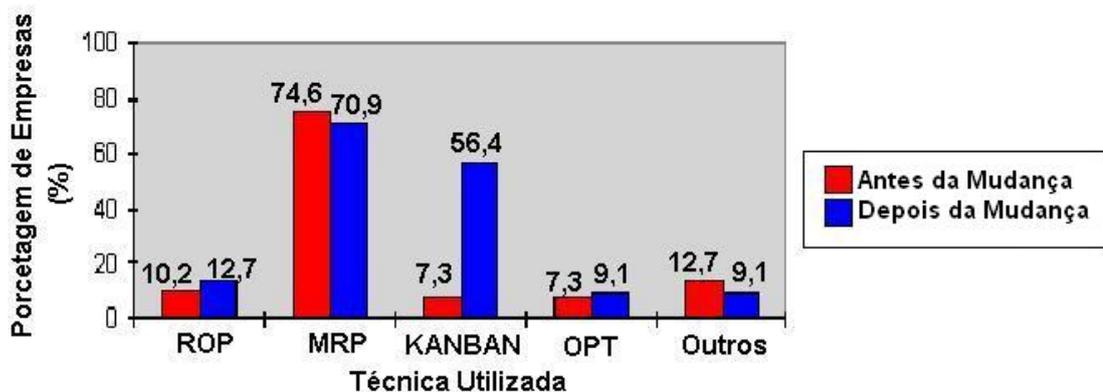


GRÁFICO 2.1 – PORCENTAGEM DE EMPRESAS UTILIZANDO TÉCNICAS DE PCP ANTES E DEPOIS DA PRODUÇÃO FOCALIZADA, OLORUNNIWO (1996)

O observado nesta pesquisa pelo autor, foi a forte tendência da utilização do sistema MRP e do sistema Kanban nas empresas pesquisadas, e, sobretudo de forma paralela. O Gráfico 2.2 apresenta a tabulação da utilização de duas técnicas.

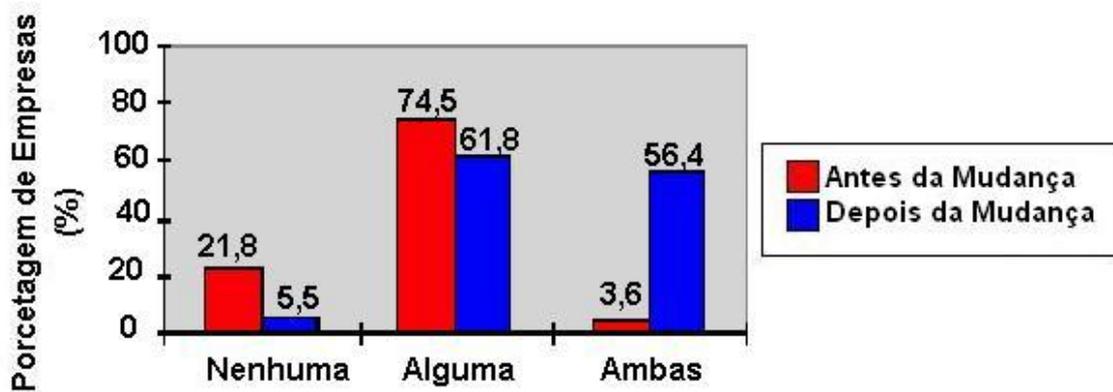


GRÁFICO 2.2 – UTILIZAÇÃO DO "KANBAN" E MRP PELAS EMPRESAS, ANTES E DEPOIS DA PRODUÇÃO FOCALIZADA, OLORUNNIWO (1996)

O autor observou que a maioria das empresas incrementou seus sistemas MRP existentes com o sistema Kanban. A complementação dos sistemas é defendida por OLORUNNIWO (1996), pois o sistema Kanban apesar de ser um eficiente sistema de controle da produção, devido à sua característica de poder controlar a produção de itens repetitivos em lotes de forma descentralizada, não permite que seja feito um planejamento de materiais. Por outro lado, esta é a principal característica do sistema MRP. Sendo assim a combinação MRP/Kanban forma uma perfeita parceria que é capaz de oferecer excelentes resultados no Planejamento e Controle da Produção.

Pode-se ainda fazer uso da associação MRPII/Kanban. O MRP II além de estimar a quantidade de material gasto, principal função do MRP, também avalia a disponibilidade dos demais recursos, como por exemplo: capacidade de máquina e mão-de-obra.

### 3 MÉTODO BASEADO NO SISTEMA TOYOTA DE PRODUÇÃO

#### 3.1 INTRODUÇÃO

Nesta seção será definida uma metodologia para gestão da produção baseando-se nos princípios oferecidos pelo Sistema Toyota de Produção, segundo SHINGO (1996). São eles: JIT (*Just in Time*), *Kanban*, *Poka Yoke*, Operadores Polivalentes, Operações Padronizadas, Redução de *Setup*, TPM (*Total Productive Maintenance* – Manutenção Produtiva Total), Células de Manufatura e Tecnologia de Grupos. Os conceitos principais sobre estas técnicas já foram apresentados na pesquisa bibliográfica dos capítulos anteriores.

O método apresentado começa definindo a estrutura de trabalho necessária para implantação do sistema. Parte da definição dos objetivos e dos indicadores de desempenho a serem utilizados, faz uma análise do sistema atualmente utilizado pela empresa e apresenta soluções oferecidas pelo Sistema Toyota de Produção. Na seqüência, é apresentada uma sugestão de *layout*, esse é analisado diversas vezes até obter valores de indicadores de desempenho satisfatórios, e uma forma bastante eficiente de se gerenciar esse novo sistema é proposta no final do capítulo.

A figura 3.1 expõe um esquemático orientativo para auxiliar na implantação do método, conforme descrito acima.

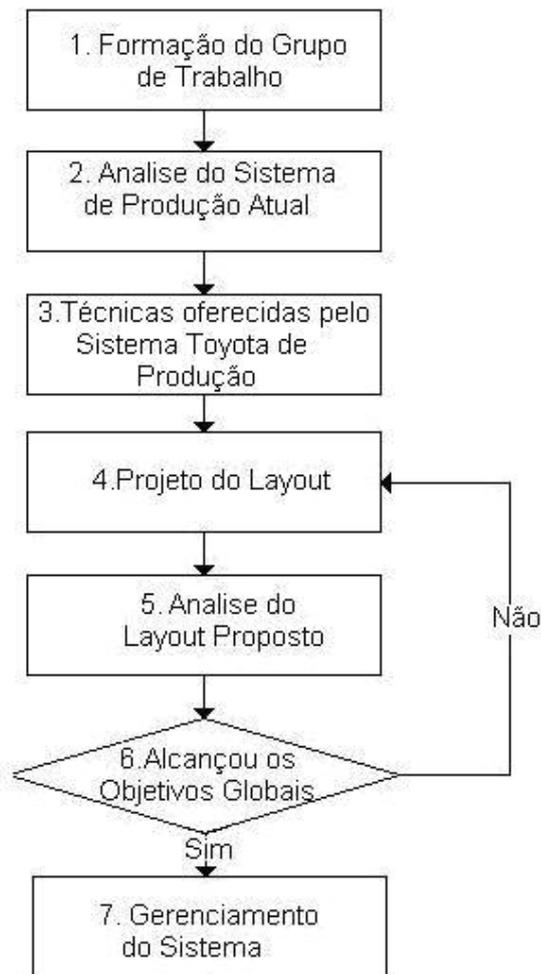


FIGURA 3.1 – FLUXOGRAMA ESQUEMÁTICO DA METODOLOGIA PROPOSTA.

### 3.2 FORMAÇÃO DO GRUPO DE TRABALHO

Para compor o Grupo de Trabalho, é interessante a utilização de um facilitador externo que já tenha conhecimento do processo de implantação do Sistema Toyota de Produção, podendo-se, para isso, utilizar os serviços oferecidos por uma empresa de consultoria. A empresa também pode capacitar este tipo de mão-de-obra através de cursos de especialização. Investindo na potencialização de seus funcionários, aumentando, conseqüentemente, sua participação na melhoria dos processos de qualidade e produtividade, ela estará gerando um mecanismo de motivação do funcionário, onde este se

sentirá respeitado, reconhecido e valorizado, melhorando, consideravelmente, o ambiente de trabalho.

A utilização destas alternativas em conjunto seria a mais indicada, pois, desta forma, a empresa estaria criando um consultor interno capaz de resolver possíveis problemas gerados após o término do contrato da consultoria e seria capaz também de implantar esta nova filosofia em outros setores da empresa.

O processo de composição de um Grupo de Trabalho pode ser dividido em quatro etapas: Escolha do Grupo; Conscientização; Definição dos Objetivos e; Definição das Medidas de Desempenho.

### **3.2.1 ESCOLHA DO GRUPO**

A seleção de pessoas adequadas para compor o grupo de trabalho é fundamental, pois estas pessoas, além de serem responsáveis pela implantação do processo de produção focalizada com células de manufatura, serão responsáveis por fazer com que todos os demais funcionários entendam, aceitem e acolham a nova forma de trabalho.

É fundamental que faça parte deste grupo, algum representante da alta gerência. A presença desta figura trará credibilidade à situação proposta, além da necessidade da gerência estar completamente a par da nova situação.

### **3.2.2 CONSCIENTIZAÇÃO**

Nesta fase é feito, inicialmente, um nivelamento dos conhecimentos a fim de que todos os membros da equipe saibam o que estão fazendo, porque estão fazendo e para que estão fazendo este tipo de mudança.

Pontos mostrando as vantagens que podem ser alcançadas devem ser fortemente ressaltados.

Visitas a empresas que já operem com esse sistema são recomendáveis.

### 3.2.3 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS

Existe uma série de objetivos considerados “padrões” para empresas que utilizam ou pretendem utilizar as técnicas oferecidas pelo Sistema Toyota de Produção (STP). Mas, além destes, cada organização pode definir um objetivo específico e particular.

WEMMERLÖV (1997) mensurou os principais objetivos adotados por 46 empresas consideradas potenciais usuárias do sistema de produção focalizada com células de manufatura, que é um dos complementares do STP, como foi visto na parte teórica deste trabalho. Estes objetivos estão descritos no Gráfico 3.1, onde a nota é maior tão quanto maior for a relevância da razão.

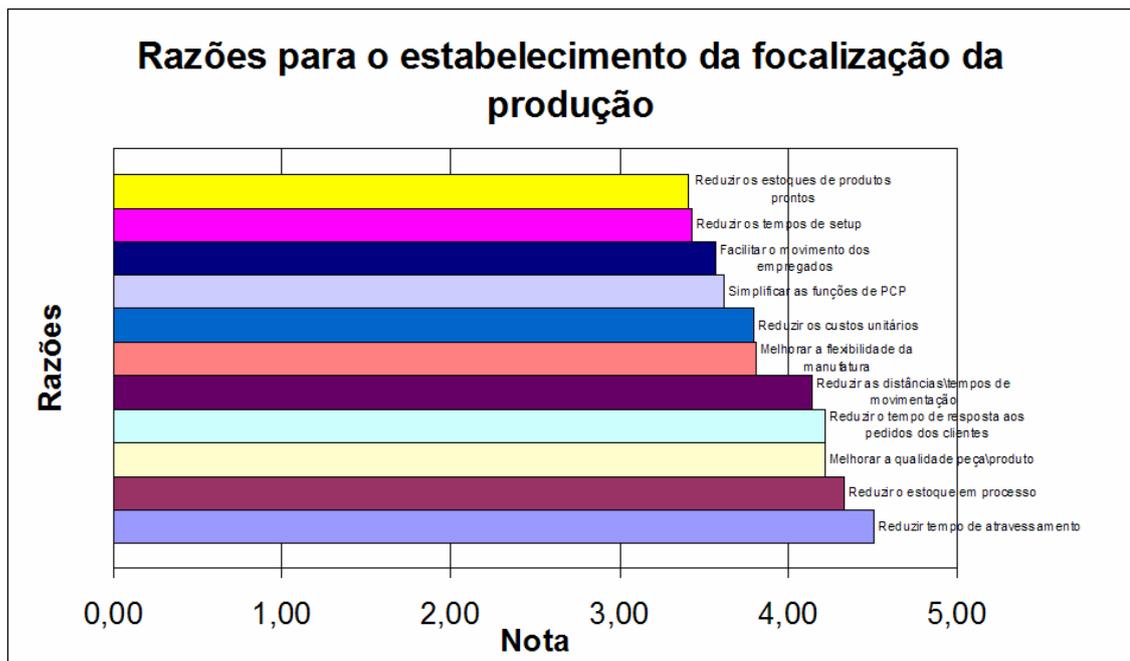


GRÁFICO 3.1 – GRÁFICO CONTENDO TABULAÇÃO DE DADOS MEDIDOS POR WEMMERLÖV (1997)

WEMMERLÖV (1997) apresenta em sua pesquisa alguns objetivos particulares apontados pelas empresas entrevistadas:

- Redução do tempo de atravessamento, ou *lead-time*;

- Redução do espaço para manufatura;
- Melhor utilização da força de trabalho;
- Redução dos problemas gerenciais;
- Melhoria da organização na área de manufatura;
- Aumento da satisfação dos empregados.

Dessa forma, WEMMERLÖV (1997) cria um cenário onde estão apresentados os diversos objetivos que uma empresa pode atingir com a utilização da produção focalizada com células de manufatura, que é uma das técnicas utilizadas no Sistema Toyota de Produção.

### 3.2.4 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DESEMPENHO

Nesta seção serão apresentados alguns dos Indicadores de Desempenho mais utilizados, propostas por DANNI e TUBINO (1996):

1. Volume de Produção: esta medida de desempenho mede a relação entre a quantidade produtos produzidos pela quantidade de produtos vendidos. Essa medida é obtida da seguinte forma:

$$MD1 = \frac{\textit{quantidade\_produzida}}{\textit{quantidade\_vendida}}, \textit{ onde:}$$

*quantidade\_produzida* = quantidade de produtos produzidos num determinado período

*quantidade\_vendida* = quantidade de produtos solicitados pelo cliente

2. Tempo de ciclo (comercial): Tempo decorrente entre o momento do pedido e sua entrega ao cliente, também conhecido como *lead-time*. Essa medida é obtida da seguinte forma:

$MD2 = data\_de\_entrega - data\_do\_pedido$ , onde:

$data\_de\_entrega$  = data em que o pedido foi entregue ao cliente

$data\_do\_pedido$  = data da solicitação do pedido pelo cliente

3. Estoque em processo (WIP – Work in Process): é a quantidade de estoque em processo que será utilizada para suprir uma determinada demanda. Podendo ser representada em unidades físicas ou valores monetários, de acordo com a expressão:

$MD3 = quantidade\_de\_estoque\_em\_processo$

4. Taxa de utilização das máquinas: Essa medida de desempenho deve ser utilizada de forma global, pois, isoladamente, pode induzir a uma falsa análise que certamente conduzirá a estoques excessivos, falhas na programação da manutenção e compra de máquinas inadequadas à situação real. Essa medida é obtida da seguinte forma:

$MD4 = \frac{tempo\_produtivo\_da\_máquina}{tempo\_disponível\_da\_máquina}$ , onde:

$tempo\_produtivo\_da\_máquina$  = tempo total de operação da máquina;

$tempo\_disponível\_da\_máquina$  = tempo total de disponibilidade da máquina.

5. Taxa de utilização da Mão-de-obra: a lógica de avaliação deste indicador de desempenho é a mesma da anterior. Contudo, num sistema JIT, o comprometimento dos operadores é tão fundamental que para esse índice é avaliado o grupo e não apenas o indivíduo. Para se obter o valor deste índice, basta seguir a seguinte expressão:

$MD5 = \frac{horas\_totais\_trabalhadas}{produção\_do\_período}$ , onde:

*horas\_totais\_trabalhadas* = total de horas despendidas pela equipe de trabalho;

*produção\_do\_período* = total de produtos fabricados pela equipe de trabalho.

6. Taxa de Utilização do espaço físico: representa a taxa de aproveitamento do espaço por unidade produzida. Sob o foco da produção *Just in Time*, esse índice representa a racionalização do espaço utilizado. Para se obter o valor deste índice, basta utilizar a seguinte expressão:

$$MD6 = \frac{\textit{espaço\_físico\_utilizado}}{\textit{produção\_do\_período}}$$

*espaço\_físico\_utilizado* = total de área empregada na produção;

*produção\_do\_período* = total de produtos fabricados pela equipe de trabalho.

7. Margem de Segurança: a margem de segurança é o indicador que informa quanto as vendas podem ser reduzidas sem que a empresa perca sua lucratividade. Este indicador está diretamente ligado à flexibilidade dos recursos da empresa, como por exemplo, maquinários multifuncionais e operadores polivalentes. Esta medida é calculada pela fórmula:

$$MD7 = \frac{\textit{volume\_máximo\_de\_produção}}{\textit{volume\_mínimo\_de\_produção}}$$

*Volume\_máximo\_de\_produção* = volume limitado pelo recurso produtivo da empresa.

*Volume\_mínimo\_de\_produção* = volume limitado pelo ponto de equilíbrio da empresa.

Mantendo-se alta a Margem de Segurança, mantêm-se a flexibilidade da empresa, fazendo com que as flutuações da demanda sejam menos impactantes sobre os resultados, ou seja quanto maior o valor da margem de segurança, melhor.

### **3.3 ANÁLISE DO SISTEMA DE PRODUÇÃO ATUAL**

Esta etapa consiste basicamente no levantamento das novas necessidades, das análises dos possíveis problemas. Para tanto devem ser observados fatores, tais como: estoques de material em processo, estoque de matéria-prima, estoque de produtos acabados, posicionamento dos equipamentos, sistemática de trabalho dos operadores etc.

Neste trabalho é proposta uma sistemática desenvolvida por SHINGO (1996) que pode servir como orientação para análise do sistema produtivo atualmente utilizado na empresa. Esta sistemática consiste de três etapas. São elas: obtenção de dados; análise do ambiente de produção e; cálculo das medidas de desempenho. Esta etapas estão detalhadas nos itens seguintes.

#### **3.3.1 OBTENÇÃO DE DADOS**

Para elaborar um *layout* eficiente, devem-se levar em consideração alguns pontos fundamentais. MUTHER (1978) cita que problemas de espaço físico estão diretamente relacionados aos produtos produzidos e as suas respectivas quantidades. Os pontos fundamentais para uma eficiente análise de um sistema produtivo são:

1. Avaliação do *layout* atual: através da análise do *layout* atual é possível projetar um novo sistema sem cometer erros existentes, além de se obter uma visão global de todos os processos utilizados pela empresa. Com a análise dos fluxos, pode-se detectar perdas existentes nos processos, como movimentação excessiva entre os equipamentos, por

exemplo. A transcrição do sistema atual para o “papel” pode se tornar um excelente material didático para convencer os demais da real necessidade de mudança. Todas as máquinas devem ser representadas e, por meio de uma tabela, informar seu nome, função, dimensões e tipo de resíduo produzido. Tais observações serão importantíssimas no momento da composição ou do agrupamento das células. Fatores restritivos como paredes, colunas, portas, hidrantes e tubulações também devem ser observados.

2. Análise das árvores de produtos: A árvore de produtos é uma forma bem ordenada de se organizar toda a estrutura de um determinado produto. Cada subcomponente é listado de forma hierárquica, indo desde a matéria-prima até o produto acabado. Esta ferramenta auxilia na criação dos roteiros de produção e também como facilitadora para a implantação de sistemas de controle da produção.
3. Volume de produção: Este dado é fundamental para análise do tempo de ciclo. Baseado nele, é possível comparar a produção e demanda de um determinado período, facilitando o ajuste do sistema de produção para atender da melhor forma possível o mercado consumidor da empresa. Este dado permite também a identificação do produto de maior demanda.
4. Roteiro de produção: É a diagramação do processo produtivo de um determinado produto. Nele estão contidos dados referentes ao processo, a operação, ao equipamento e qual a seqüência de operação. No roteiro encontram-se, também, informações sobre o transporte entre operações. Os roteiros de produção são fundamentais para auxiliar a criação de células de produção em conjunto com as informações contidas na Tecnologia de Grupo.
5. Tempo de processamento: Segundo MONDEN (1984), o tempo de processamento é um dos itens mais importante para se definir *lead-time*.

Tão importante quanto o roteiro de produção, o tempo de processamento deve ser coletado de forma mais fidedigna possível, pois este dado será utilizado para calcular a necessidade de máquinas por processo, o espaço físico necessário, a mão-de-obra envolvida e o balanceamento da linha. Também é utilizado para determinar o custo de fabricação de um determinado produto. Os tempos que precedem os processamentos (tempo de *setup*) devem ser coletados com a mesma seriedade que o tempo de processamento, pois influenciam diretamente na determinação do tamanho do lote, nos recursos necessários e na definição do *lead-time*. O *lead-time* pode ter uma conotação mais ampla, que compreenderia o tempo decorrido desde o pedido efetivado pelo cliente até a entrega do produto. Avaliando-se dessa forma é possível rever os processos envolvidos além da produção.

Desta forma pode-se analisar qual método de arranjo físico melhor se adequa a necessidade da empresa.

### **3.3.2 O AMBIENTE DE PRODUÇÃO**

Para se obter o sucesso de uma mudança, seja ela de arranjo físico, de processo ou qualquer outro tipo de mudança, deve-se manter atenção no ambiente interno da fábrica. Qualquer atrito ou desacordo pode gerar um fracasso completo do objetivo almejado.

Problemas como baixa remuneração, insatisfação nas atividades executadas, dificuldades no relacionamento com alguns colegas, insatisfação com o sistema de gestão da empresa e, em alguns casos, o baixo grau de instrução dos operadores são pontos que podem inviabilizar a implantação de mudanças.

Há de se considerar também o comprometimento da alta gerência. Esta deve estar bem balizada e engajada na causa a fim de se obter sucesso no empreendimento. Ao contrário do nível operacional, a satisfação da gerência só é percebida e obtida em longo prazo e de forma gradual.

### **3.3.3 CÁLCULO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO ATUAIS**

Após efetuar a coleta dos dados, conforme apresentado no item 3.3.1, deve-se agora calcular as medidas de desempenho seguindo as indicações do item 3.2.4.

Estes valores servirão como referência para o acompanhamento do processo de implantação. Eles irão diagnosticar se os resultados estão dentro dos padrões esperados ou não.

## **3.4 PROJETO DO *LAYOUT***

Nesta seção será abordada a forma mais eficiente de projetar um *layout*. Os passos que serão apresentados e comentados são: aplicação da Tecnologia de Grupo; análise das restrições aos agrupamentos e; projeto de *layout* focalizado.

### **3.4.1 APLICAÇÃO DA TECNOLOGIA DE GRUPO**

Quanto mais organizada for a empresa mais fácil será obter os dados iniciais para análise da tecnologia de grupo. Para empresas em que o conhecimento do processo não está sequer documentado, deve-se desenvolver o trabalho partindo do embasamento destas informações. Medindo os tempos de processos, desenhado e catalogando as peças existentes, elaborando os roteiros de produção e assim por diante, até se ter todas as informações necessárias e disponíveis de forma confiável e de fácil acesso.

No capítulo seguinte se faz uso da segunda técnica proposta por SINGH (1993), a análise da matriz peça/máquina. Esta técnica consiste na diagonalização da matriz incidência, elaborada a partir dos roteiros de produção. A figura 2.5 (página 22) apresenta um exemplo desta técnica que apresenta resultados bastante satisfatórios e de fácil aplicação.

O passo seguinte desta análise é avaliar as restrições, que tanto o produto quanto o espaço físico podem oferecer. Realizando esta verificação nesta fase da implantação, é possível evitar futuros contratempos que conseqüentemente poderiam levar ao insucesso.

### **3.4.2 RESTRIÇÕES AOS AGRUPAMENTOS**

A detecção de peças que apresentam restrições quanto ao agrupamento devem ser separadas e analisadas caso a caso. Utilizando uma análise custo-benefício, pode-se pensar na terceirização destas.

Em paralelo à situação que envolve as peças selecionadas, deve-se analisar a planta física. Alguns itens sugeridos abaixo podem ser tomados como base para essa análise:

- Colunas dispostas no interior da fábrica;
- Paredes dividindo áreas;
- Corredores de movimentação inadequados;
- Dificuldades de acesso para algum veículo de transporte específico;
- Posicionamento de portas, janelas ou outro tipo de aberturas;
- Incidência de luz;
- Interceptação do local por corrente de vento forte;
- Fundação da construção;
- Pontos de abastecimento de energia elétrica, ar-comprimido, exaustão e vapor;
- Etc.

### 3.4.3 ANÁLISE DO *LAYOUT* PROPOSTO

Definido o *layout* mais apropriado deve-se então proceder a um processo de análise criterioso de avaliação.

A seguir, estão apresentadas algumas questões que devem ser respondidas na avaliação:

1. Qual a quantidade de produtos atendida pelo *layout* proposto?
2. E sobre as exceções? Não se tornaram gargalos no chão de fábrica?
3. Há suficiente espaço físico entre os recursos para realizar as movimentações necessárias?
4. O fluxo obedece a uma seqüência lógica e possível de se executar?
5. Há a disponibilidade do espaço físico necessário para a mudança?
6. A linha de produção está balanceada?
7. Existe alguma restrição quanto à movimentação dos equipamentos?
8. Há um plano de controle para os resíduos gerados?
9. Há alimentação (ar-comprimido, energia, exaustão, vapor, etc.) suficiente para atender a proposta?
10. A disposição dos recursos está ergonomicamente de acordo com as necessidades dos operadores?

Nos itens seguintes serão expostos alguns parâmetros que devem ser seguidos e algumas medidas de desempenho que devem ser calculadas.

### 3.4.3.1 DEFINIÇÃO DE PARÂMETROS

Estes parâmetros servirão para auxiliar a programação da produção, a definição da capacidade produtiva e o sistema de custeio, entre outros setores.

- Intervalo entre produção de itens: caracteriza o período chamado de “giro” do produto, isto significa: o período em que uma determinada ordem de produção será novamente produzida (repetitividade de uma ordem de produção). Com esta variável é possível se dizer se o *lead-time* proposto irá atender as necessidades do departamento comercial;
- Tamanho do lote: esta informação refere-se a quantidade de produto similar produzido seqüencialmente. Quanto menor for o lote menor será o tempo de entrega da ordem de produção, contudo, ordens de produção pequenas só serão viáveis quando houver tempos de *setups* pequenos;
- Transporte: Esta variável diz respeito ao tipo de transporte utilizado, à quantidade de produto transportado e ao tempo decorrente desta operação.

### 3.4.3.2 CÁLCULO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO DESEJADO

A partir da análise da proposta, as medidas de desempenho devem ser calculadas conforme apresentadas anteriormente. Devem ser comparadas com as medidas de desempenho atuais e avaliadas se atendem às expectativas geradas. Caso os resultados não sejam satisfatórios, deve-se estudar alterações e proceder a elas, até se atingir um resultado favorável.

### 3.4.4 IMPLANTAÇÃO DO NOVO LAYOUT

Aprovado o *layout*, definidos os parâmetros e sendo satisfatória a análise das medidas de desempenho inicia-se a implantação deste novo *layout*.

A etapa de implantação pode ser dividida em fases cronologicamente distintas, são elas:

1. Avaliação dos ganhos potenciais;
2. Definição da área piloto;
3. Expansão da área piloto.

#### **3.4.4.1 AVALIAÇÃO DOS GANHOS POTENCIAIS**

Comparando os valores dos indicadores de desempenho encontrados com os existentes, é possível obter um valor aproximado da economia obtida com a implantação do novo *layout*.

#### **3.4.4.2 DEFINIÇÃO DA ÁREA PILOTO**

A implantação do novo *layout* deve iniciar em escala menor ou numa linha mais simples, denominada de área piloto. Esta área poderá ser usada como local de treinamento para os demais operários. Vendo seu princípio de funcionamento na prática, eles irão se convencer mais facilmente das vantagens oferecidas por esse sistema, conforme expõe LUBBEN (1989) em seu trabalho.

SILVEIRA (1994) apresenta algumas características relevantes para se eleger uma área piloto:

- Volume de produção da área;
- Diversidade de máquinas e componentes;
- Qualificação e envolvimento do pessoal;
- Grau de interferência da área nos diversos outros fluxos produtivos.

Durante a etapa de montagem da área piloto, deve-se observar se a empresa apresenta competência suficiente para proceder as modificações com seus

próprios recursos ou se há a necessidade de contratação de alguma mão-de-obra especializada. Também devem ser apontados todos os possíveis gastos com implantação de melhorias.

A elaboração de um cronograma de implantação deve ser providenciada. Os desenhos relativos ao projeto devem conter a disposição das máquinas, plantas elétricas, hidráulicas, etc. Estes devem ser reunidos e apresentados aos responsáveis pela mudança. Comumente tais mudanças ocorrem nos períodos de paradas ou de feriados prolongados, a fim de se evitar interrupção da produção.

Paralelamente às mudanças, um programa de treinamento deve ser elaborado e posto em prática. Este treinamento deve focar na mudança de cultura que irá ocorrer. Deve ser enfatizada a importância da polivalência dos operadores. De forma bastante didática, os métodos de Análise e Solução de Problemas, como por exemplo, os oferecidos por SLACK *et al.* (1999) e SHINGO (1996), devem ser passados para os operadores, pois estes terão a responsabilidade de empregá-los criando uma cultura de melhoria contínua (kaizen) no chão de fábrica.

AL-SHAGANA (1997) cita algumas tarefas que os gerente e supervisores devem constantemente executar:

- Motivar o seu grupo de trabalho;
- Reconhecer e recompensar o grupo de trabalho (não necessariamente financeiramente);
- Estimular continuamente as iniciativas do grupo;
- Desenvolver um ambiente onde as mudanças sejam bem vindas e novas idéias sejam encorajadas;
- Dar oportunidade para o desenvolvimento dos indivíduos;

- Entender e comunicar as mudanças nas necessidades dos clientes.

#### **3.4.4.3 EXPANSÃO DA IMPLANTAÇÃO**

A partir da obtenção do sucesso da implantação dessas técnicas na área piloto deve-se iniciar a expansão do projeto. Com o resultado favorável apresentado pela célula piloto as demais áreas, automaticamente, irão querer utilizar este sistema, conforme advoga LUBBEN (1989) em sua obra.

#### **3.4.5 GERENCIAMENTO DO SISTEMA**

Com a implantação do novo sistema, será exigido um eficiente sistema de controle a fim de manter seu perfeito funcionamento e estabilidade. Questões como “ciclo de trabalho” nas células, acúmulos de estoque em processo e manutenção de equipamentos são alguns dos pontos que devem ser controlados.

Um sistema de gerenciamento eficaz será capaz de administrar esse novo desafio. Para tanto, o gestor deverá se valer de ferramentas típicas para acompanhamento e análise dos resultados obtidos. Algumas delas são descritas a seguir.

##### **3.4.5.1 ACOMPANHAMENTO DAS MEDIDAS DE DESEMPENHO**

As medidas de desempenho são os principais indicadores da estabilidade de um sistema de gestão. Havendo qualquer flutuação nestes indicadores, as causas devem ser encontradas, analisadas e eliminadas, pois, só assim, poderá se garantir a manutenção do sistema e de seus ganhos.

##### **3.4.5.2 MONITORAMENTO DO SISTEMA**

O JIT visa propiciar um ambiente de máxima eficiência e qualidade, sendo assim, utiliza como embasamento gerencial o conceito do Controle da Qualidade Total, ou simplesmente TQC (do termo inglês *Total Quality Control*).

Este conceito propõe a utilização do ciclo de Deming, ou ciclo PDCA: planejar (*Plan*), executar (*Do*); verificar a aplicação (*Check*) e agir (*Action*). Tubino (1997) propõe a utilização do ciclo PDCA, segundo os fundamentos do TQC, por cada empregado da empresa em suas respectivas atividades, visando garantir a execução de suas tarefas de forma a evitar erros cometidos repetidas vezes.

Com a utilização do ciclo PDCA, uma sutil alteração nos indicadores de desempenho será facilmente detectada, viabilizando uma gestão mais eficaz. A figura 3.2 traz uma representação esquemática do funcionamento do ciclo PDCA, o qual se inicia com o planejamento de uma determinada ação, a executa, confere seus resultados, intercede de acordo com os resultados e repete o processo de forma cíclica.

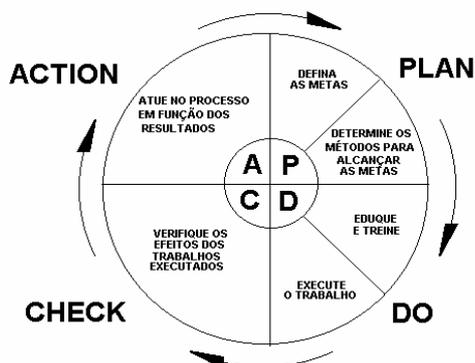


FIGURA 3.2 – REPRESENTAÇÃO DO CICLO PDCA, SLACK ET AL(2002)

### 3.4.5.3 FERRAMENTA PARA ANÁLISE E SOLUÇÃO DE PROBLEMAS

Uma ferramenta amplamente utilizada na análise e solução de problemas é o diagrama de causa-efeito, de Ishikawa, ou “espinha de peixe”, como é comumente conhecido devido seu formato característico.

O preenchimento deste diagrama é bem simples, contudo sua análise deve ser bastante objetiva. Uma vez que o diagrama de Ishikawa enumera “n’s” possíveis causas, mas identifica o problema raiz.

De um lado são listados os itens de verificação de processo diretamente ligado a ela: matéria-prima, mão-de-obra, métodos, medidas e meio ambiente. Do outro são representados os efeitos das causas relativos a: custo; qualidade; entrega e serviços.

Desta forma são relacionadas as causas e os efeitos provenientes de uma determinada situação e, através de grupos de trabalhos, busca-se a solução de forma definitiva. A figura 3.3 apresenta um exemplo da utilização do diagrama causa-efeito de Ishikawa.

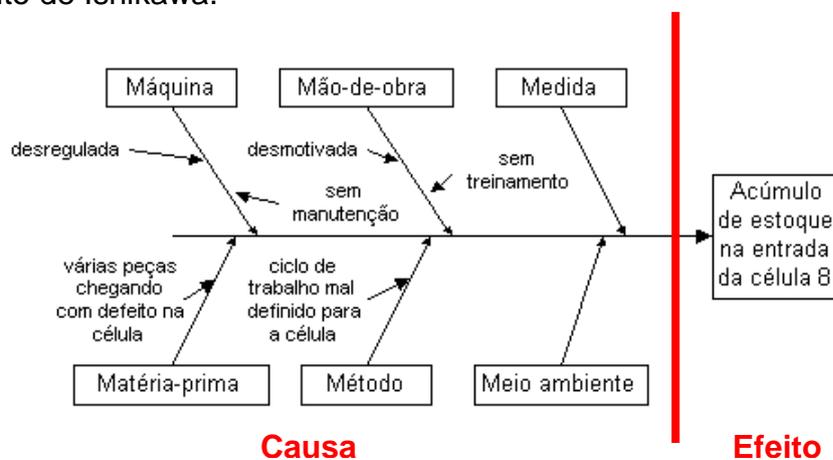


FIGURA 3.3 – EXEMPLO DA UTILIZAÇÃO DO DIAGRAMA CAUSA-EFEITO DE ISHIKAWA

Estas ferramentas permitem que uma empresa trabalhe dentro do ambiente de TQC, onde é possível se conseguir melhores condições de gerenciamento do sistema de produção.

Concluído todo o embasamento necessário para elaboração do método para a utilização do Sistema Toyota de Produção, será apresentado no capítulo seguinte um estudo de caso desenvolvido em uma empresa moveleira capixaba.

## **4 ESTUDO DE ESTUDO DE CASO**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

A partir das definições adotadas nos capítulos 2 e 3 para o conjunto de técnicas oferecidas pelo Sistema Toyota de Produção, será apresentado neste capítulo um estudo de caso referente à implantação destas técnicas numa indústria de móveis localizada no norte do Espírito Santo.

### **4.2 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA**

Fundada em 1970 na cidade de Linhares, interior do Espírito Santo, a Indústria de Móveis Movelar Ltda. iniciou suas atividades produzindo dormitórios de madeira maciça e com ricos detalhes de entalhamento.

A empresa manteve esse seguimento por 15 anos até optar pela produção seriada, a fim de atender as necessidades do mercado. Mudando a concepção do produto e utilizando outros tipos de matérias-primas, como as chapas de madeira reconstituída (MDF e o Aglomerado), pôde-se obter uma melhoria significativa no parque tecnológico da empresa. Atualmente, a empresa ocupa uma área de 280.000 m<sup>2</sup>, sendo 38.000 m<sup>2</sup> de área construída. É considerada uma das maiores empregadoras da região, com 1.060 colaboradores diretos e outros 300 em suas terceirizadas. No total, existem três empresas terceirizadas responsáveis pela produção de alguns itens específicos e é numa dessas empresas em que será implantado o método.

A empresa em questão se chama Qualy Móveis Ltda., e é responsável por um único método de roupeiro.

Objetivando um atendimento mais rápido aos clientes e ganhos na qualidade do produto, a direção da empresa decidiu utilizar algumas ferramentas disponíveis na filosofia do Sistema Toyota de Produção (STP), tais como o JIT, o Kanban, a Tecnologia de Grupo e a Organização Celular do *Layout*.

Esta empresa já opera com algumas ferramentas herdadas da empresa matriz, que possui certificação ISO 9001 e ISO 14001, como, por exemplo: roteiros de produção, romaneio de produtos (lista de peças ou estrutura de produtos), estrutura de produtos dentro outros.

Como esta empresa produz sob a ótica da produção repetida em lotes concluiu-se que seria uma excelente área para teste para avaliar a viabilidade da utilização do STP.

### **4.3 INTRODUÇÃO DO MÉTODO**

A empresa Qualy Móveis Ltda possui um nível de organização satisfatório e com um bom volume de informações disponíveis, o que contribuiu para uma implementação mais rápida.

O apoio da direção e da gerência foram pontos fundamentais. Assim que estes compreenderam a essência da idéia, foram e expressaram um bom nível de comprometimento, dando total liberdade para as mudanças necessárias.

A seguir serão descritas as atividades desenvolvidas no referido estudo de caso, de acordo com o método proposto.

### **4.4 COMPOSIÇÃO DA EQUIPE DE TRABALHO**

#### **4.4.1 CONSTITUIÇÃO DA EQUIPE**

A equipe de trabalho foi composta por:

- 01 Diretor (Qualy Móveis Ltda.);
- 01 Gerente de Produção (Qualy Móveis Ltda.);
- 01 Supervisor de Produção (Qualy Móveis Ltda.);
- 01 Superintendente Industrial (Indústria de Móveis Movelar Ltda);
- 01 Gerente de Terceirizadas (Indústria de Móveis Movelar Ltda);
- 01 Coordenador de Engenharia de Processos – *Líder da implantação* (Indústria de Móveis Movelar Ltda);

Além dos colaboradores de chão de fábrica e da manutenção, que tiveram uma participação muito importante neste processo de implantação.

Com o engajamento da alta e média direção foi possível um alto grau de apoio ao projeto e garantiu também um excelente índice de disseminação de informação.

#### **4.4.2 CONSCIENTIZAÇÃO DOS ENVOLVIDOS**

Esta etapa foi marcada por reuniões e palestras, onde os conceitos básicos de cada técnica oferecida pelo STP foram cuidadosamente explicados e exemplificados. Estas palestras foram ministradas em três etapas:

- **Primeira:** Exclusivamente para a alta gerência, onde se apresentou, além dos conceitos filosóficos, alguns números que poderiam ser atingidos, como, por exemplo: a redução do *lead-time*, a redução de custos e os ganhos em mão-de-obra. Esta fase é definida com um dito popular: “A hora de vender o peixe”. Pois era necessária a total aceitação do método por parte da alta gerência para se dar seqüência ao projeto. Assim feito iniciou-se a segunda etapa.

- **Segunda:** Além da alta gerência, esta etapa contou com a participação da média gerência, que seriam o gerente de produção e o supervisor de produção. Também foram apresentados os conceitos e os outros dados expostos anteriormente, o objetivo principal em separar estas classes está no interesse e no foco de cada reunião. Na primeira, tratou-se mais intensamente dos resultados gerados, principalmente os financeiros, enquanto que na segunda reunião foram abordados mais fortemente as técnicas que seriam utilizadas, as formas de utilização, o grau de impacto no chão de fábrica e os resultados gerados por elas em nível de satisfação da produção.
- **Terceira:** Neste momento a alta e a média gerência já estão plenamente convencidas das vantagens oferecidas pelo STP e possuem um grau satisfatório de conhecimento. Então, foi iniciado o processo de popularização da idéia aos demais colaboradores. Foram apresentados exemplos de outras empresas e um ciclo de palestras foi desenvolvido. Essa etapa foi extremamente satisfatória, pois a participação dos colaboradores foi muito intensa com perguntas e discussões.

#### 4.4.3 DEFINIÇÃO DOS OBJETIVOS

Foram propostos pela diretoria da empresa matriz alguns objetivos principais, conforme descrito a seguir:

- **Redução do *lead-time*:** a pressão por parte dos clientes exigindo uma redução do prazo de entrega fez com que diretoria intervisse junto à Superintendência Industrial, solicitando um estudo e uma possível sugestão de um plano de ação para resolver esse problema. Foram observadas todas as etapas compreendidas entre o momento do pedido até a entrega do produto ao cliente e constatado que o *lead-time* de produção era o responsável por aproximadamente 40% do tempo gasto neste intervalo de tempo, conforme pode-se observar no Gráfico 4.1.

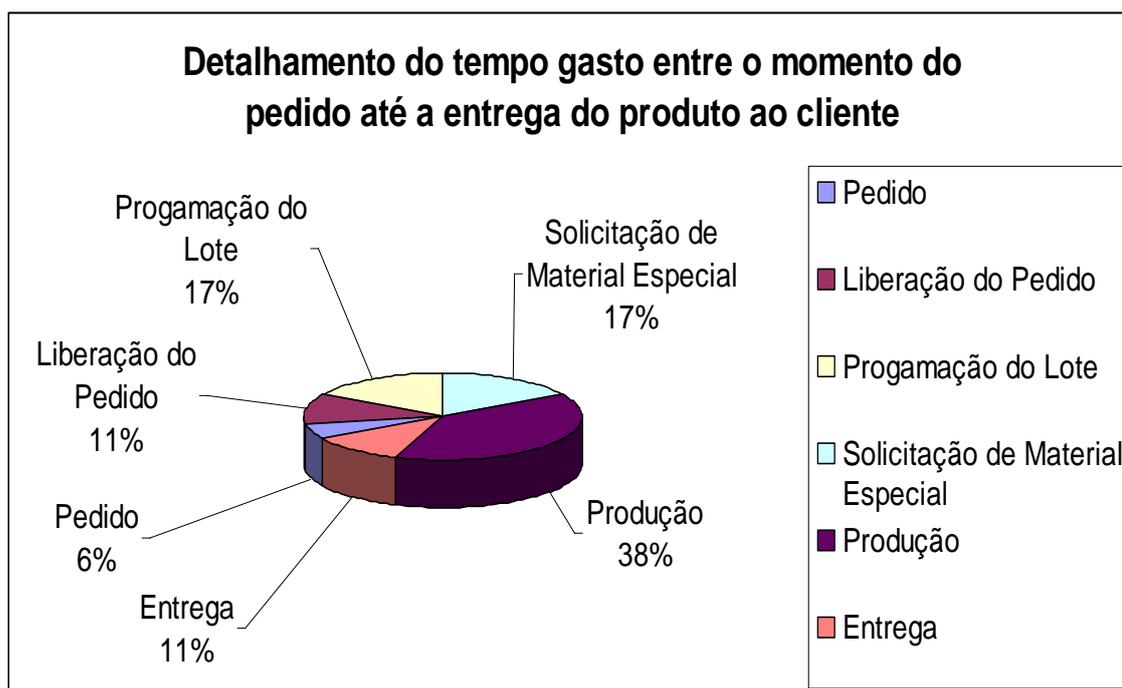


GRÁFICO 4.1 – DESCRIÇÃO DO TEMPO GASTO POR CADA ETAPA DO PROCESSO DE ENTREGA DO PRODUTO

A grande quantidade de itens que compõe o *mix* da empresa e a pequena quantidade solicitada em cada pedido pelos clientes acaba por gerar um tempo muito grande entre a produção de um determinado produto e a repetição de sua produção. Com isso, atrasos e algum não cumprimento de metas são inevitáveis.

- **Redução de estoque de produto acabado:** a empresa utiliza o sistema de produção por lotes repetidos, contudo, o somatório dos pedidos não é suficiente para consumir a quantidade produzida por cada lote. Dessa forma, é gerado um estoque de produtos acabados que podem ou não ser consumidos num breve intervalo de tempo, sendo seu excesso estocado na expedição da empresa. Como a expectativa de vendas gerada pelo setor comercial nem sempre se concretiza, a quantidade de produtos fora de linha em estoque aumenta cada vez mais.
- **Melhor aproveitamento da área fabril:** como a modificação do *layout* atual se fazia necessário para atender a nova filosofia de trabalho da empresa, a

diretoria decidiu por solicitar uma avaliação detalhada de toda a fábrica. Reduzir o espaço entre máquinas, bem como o seu melhor posicionamento, avaliar a quantidade ideal de mesas transportadoras entre as máquinas e a disposição do sistema de exaustão, de energia e ar comprimido, foram as principais orientações dadas pela diretoria.

Esclarecido, e definida, qual é a meta idealizada pela diretoria, a próxima etapa é formular o projeto de implantação. Assim, alguns indicadores de desempenho podem ser utilizados para mensurar os resultados obtidos.

#### **4.4.4 DEFINIÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO**

Conforme exposto no item anterior, alguns Indicadores de Desempenho foram utilizados, a fim de medir e comparar os resultados antes e depois da implantação. Estes indicadores foram fundamentais para a elaboração de relatórios semanais e mensais que eram enviados à diretoria.

Para este estudo de caso, em específico, foram utilizados apenas dois, são eles: *lead-time* e taxa de utilização do espaço físico.

A utilização dos outros Indicadores de desempenho, expostos no capítulo 3.2.4, não foram necessários, devido ao Departamento de PPCP (Planejamento, Programação e Controle da Produção) da empresa já possuir esses dados, coletados através apontamentos diários, e organizados sob a forma de planilhas que são periodicamente avaliados pelo Superintendente de Produção e pela Diretoria.

#### **4.5 CENÁRIO ATUAL DA EMPRESA**

A empresa possui diversos representantes espalhados por todo território nacional, e estes se agrupam por regiões (norte, nordeste, sudeste, sul e centro-oeste). O conjunto de pedidos gerado por essas regiões é diariamente enviado ao departamento de vendas da empresa. Estes pedidos são

submetidos à avaliação do departamento financeiro. Após sua liberação, o departamento de vendas confere, via sistema, se há estoque dos produtos pedidos (vendidos). Caso haja necessidade de produzir algum item, é informado ao departamento de PPCP. Este, por sua vez, agrupa os produtos similares, de pedidos diferentes, e dispara uma ordem de produção (por lotes). De imediato é informado ao almoxarifado, que deve se encarregar de providenciar a matéria-prima necessária, e à fábrica, através de um plano mestre de produção, orientando quanto ao número do lote e a data de entrega prevista à expedição. Neste plano mestre estão contidas algumas informações básicas, como por exemplo: código do produto, descrição, quantidade a ser produzida e data de entrega. Visto desta forma, pode-se observar claramente o funcionamento de um típico sistema de produção “empurrada”. O fluxograma da figura 4.1 apresenta tais etapas.

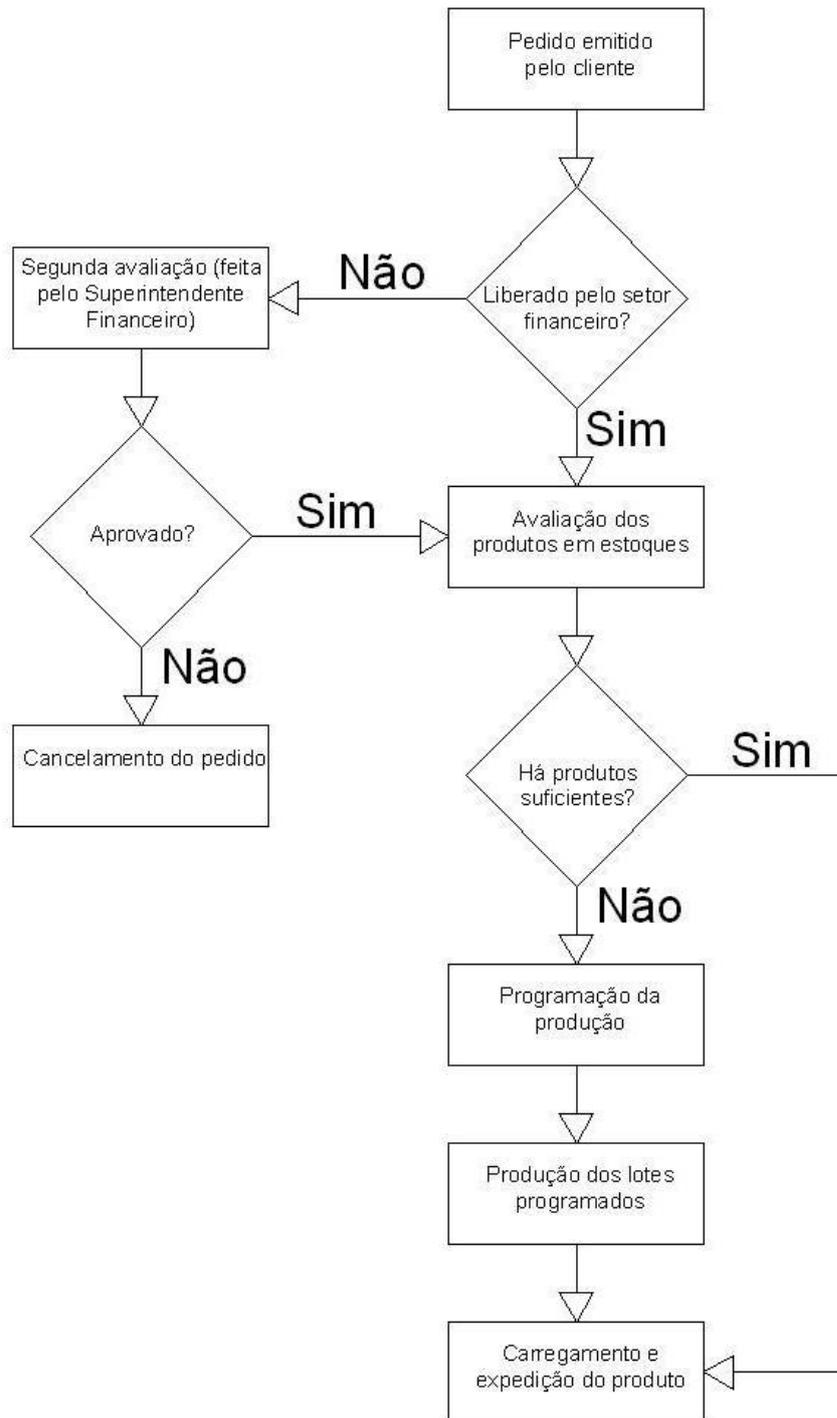


FIGURA 4.1 – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE SOLICITAÇÃO, AVALIAÇÃO, PROGRAMAÇÃO, PRODUÇÃO E EXPEDIÇÃO DA EMPRESA.

Este sistema utiliza lotes “mínimos” de produção. Estes lotes mínimos são dimensionados levando em consideração, principalmente, o tempo de *setup* gasto entre lotes diferentes.

Como existem diversos equipamentos com tempo de *setup* muito longo e também há uma grande variedade de produtos a produzir, utiliza-se o seguinte princípio para tentar dimensionar um lote ideal: **O lote não deve ser tão pequeno**, a ponto de que a quantidade de *setup*'s inviabilize as metas diárias de produção, **e nem tão grande**, a ponto de aumentar o período para repetição (ou reprogramação) desse produto no plano mestre. Obviamente, esse equilíbrio não é obtido tão facilmente.

Todos os colaboradores recebem treinamento operacional e freqüentam, constantemente, palestras de caráter orientativo e motivacional. Porém, a freqüente mudança no plano mestre de produção, a fim de atender uma necessidade especial, acaba por deixá-los desmotivados e descrentes quanto ao nível de organização e planejamento da empresa.

Esse tipo de mudança visa atender ao mercado de forma geral ou a algum cliente preferencial, onde seu pedido é posto a frente dos demais. Essa ação acaba gerando uma “desordem” no chão de fábrica, pois materiais que estavam em processo têm que ter sua produção interrompida para dar preferência a esse pedido especial. Além de outros prejuízos, como, por exemplo:

- Atraso na entrega dos pedidos que tiveram sua produção interrompida;
- Aumento no custo do produto, devido ao transporte extra que é necessário e ao aumento do *lead-time*;
- Desorganização da fábrica;
- Risco de perdas e avarias nos produtos, devido ao excesso de transporte;
- Desbalanceamento da linha de produção;
- Possível falta de matéria-prima;
- Etc.

O alto índice de refugo e retrabalho também prejudicam o desempenho da produção orientada por lotes repetitivos, pois, a perda de peças ao longo do processo gera, no final do ciclo, um desbalanceamento do lote, onde, além de não entregar a quantidade solicitada, acaba gerando peças obsoletas, que ficam esperando no “cemitério de peças” até seus complementos serem repostos e, dessa forma, fechando o lote que ficou em aberto. O Gráfico 4.2 apresenta o acompanhamento durante um determinado período (jun./04 à nov./04) cujo objetivo era observar o índice de peças boas que conseguem chegar ao final da linha de produção. O gráfico é baseado na média de produção do período num lote de 200 roupeiros onde foram contabilizados todos os seus componentes.

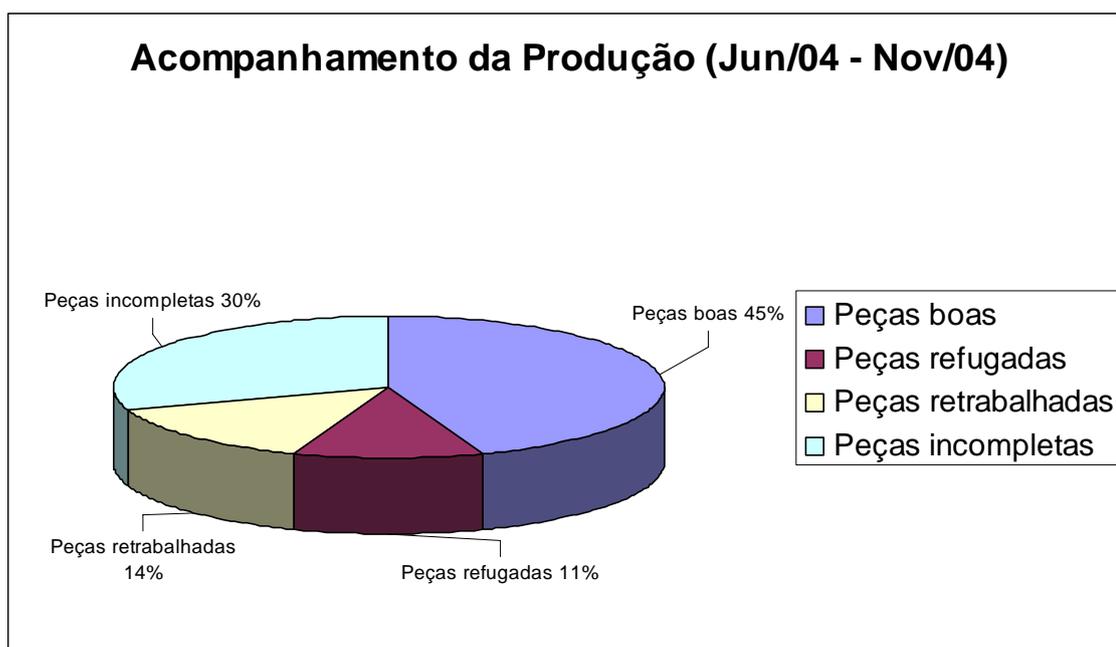


GRÁFICO 4.2 – IMPACTOS CAUSADOS PELOS REFUGOS, RETRABALHOS E DESBALANCEAMENTO NUMA LINHA DE PRODUÇÃO.

Dessa forma, torna muito árdua a tarefa do coordenador de produção manter índices de desempenho satisfatórios e atingir as metas de produção, seja ela diária, semanal ou mensal.

Como a programação contempla lotes para formação de estoques e não para atender somente o que é de fato vendido, as perdas são acobertadas pela

superprodução. Dessa forma, os prejuízos gerados são mascarados, contudo, afetam significativamente o caixa da empresa.

#### **4.5.1 AVALIAÇÃO DOS DADOS OBTIDOS**

Diversos pontos foram observados e cuidadosamente analisados. Foram priorizados os itens considerados mais importantes e de maior relevância do ponto de vista da equipe. Como a empresa em questão possui um bom grau de organização e disponibilização de informações, não houve necessidade de refazer os levantamentos iniciais. Os itens avaliados foram os seguintes:

**Disposição atual do *layout*:** a figura 4.2 apresenta a situação atual do *layout* da empresa, desconsiderando alguns por menores, como por exemplo trilho e mesas transportadoras. Este tipo de *layout* é classificado como *layout* por produto (ou em linha) conforme CURY (2000), onde cada tipo de peça do total do lote é produzido de uma única vez e no final da linha ocorre a montagem do produto.

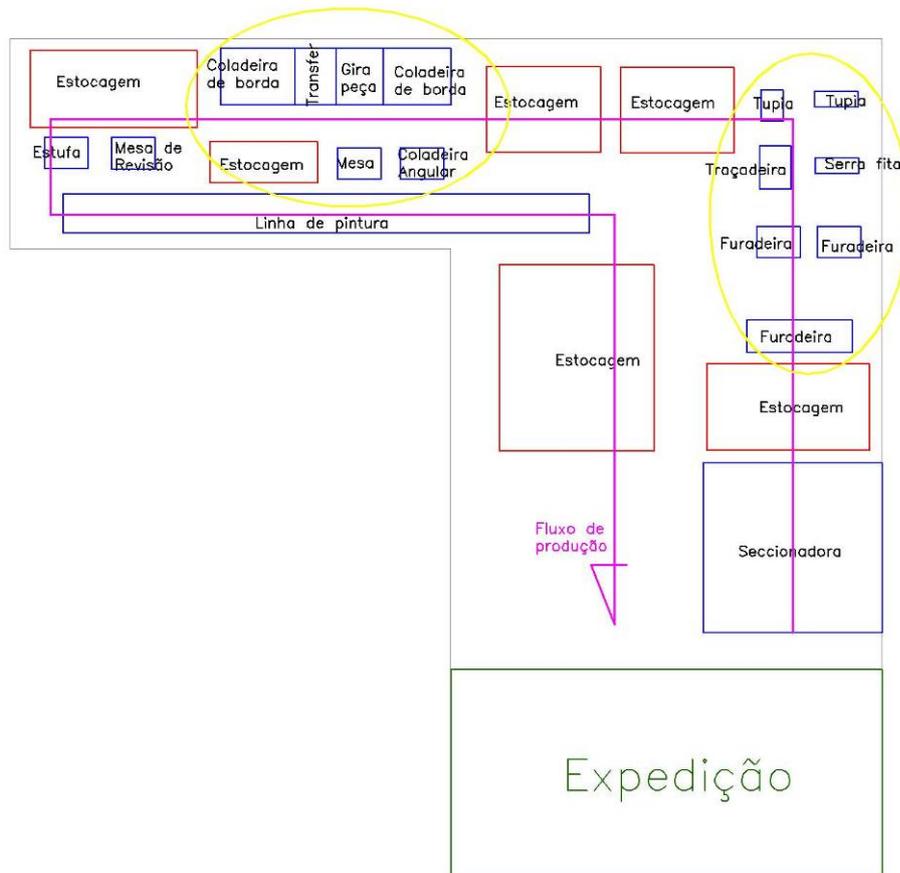


FIGURA 4.2 – LAYOUT ATUAL

As perdas geradas por esse tipo de arranjo são muito elevadas, podendo até mesmo ocasionar o não cumprimento da meta e, conseqüentemente, um atraso na entrega do produto ao cliente.

Para tanto, a equipe decidiu utilizar técnicas como JIT e o Kanban a fim de minimizar esse tipo de problema. Como o investimento em máquinas com baixos tempos de *setup's* era inviável para o momento, optou-se por criar estoques intermediários das peças (Kanban) mais difíceis de produzir e que eram comuns a um maior número de produtos, para isso, utilizou-se a prática conhecida como Tecnologia de Grupo. O Kanban se encarregaria de controlar a reposição dessas peças enquanto que o JIT cuidaria do fornecimento. Nota-se que as áreas em destaque foram modificadas, a área mais a direita foi

reorganizada de forma que os produtos que necessitem passar pelos processos nela compreendida desloquem-se o mínimo possível.

Na figura 4.3 é proposta uma sugestão de *layout* (que inclusive foi aceita pelo grupo) onde são promovidas algumas mudanças no posicionamento de algumas máquinas, destacadas na figura 4.2 em amarelo.

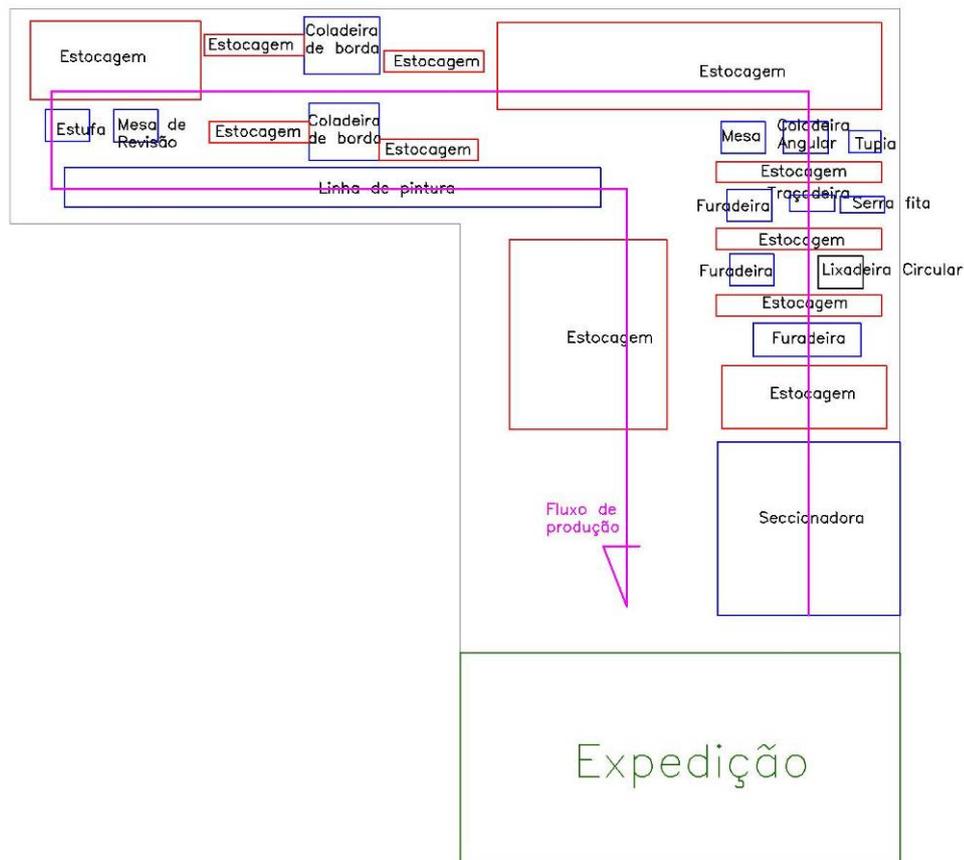


FIGURA 4.3 – LAYOUT PROPOSTO

**Mix de produtos:** A empresa em questão produz um único método de produto, contudo, esse método possui variações de tamanho (3, 4, 5 e 6 portas) e de cores (mogno, marfim, ciliegio, tabaco e branco), resultando num total de 20 possíveis combinações diferentes.

A tabela 4.1 mostra a árvore de produto do roupeiro 5 portas, detalhando as codificações, a descrição, o tipo de material utilizado, bem como as dimensões.



*Vendas realizadas no período de junho a novembro de 2004*

| Produto\mês            | Junho       | Julho       | Agosto      | Setembro    | Outubro     | Novembro    | Média       |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Roupeiro 3 portas      | 1250        | 1250        | 1300        | 1300        | 1350        | 1400        | 1308        |
| Roupeiro 4 portas      | 1280        | 1260        | 1310        | 1290        | 1340        | 1400        | 1313        |
| Roupeiro 5 portas      | 2560        | 2450        | 2660        | 2740        | 2800        | 2850        | 2677        |
| Roupeiro 6 portas      | 2550        | 2500        | 2580        | 2700        | 2790        | 2820        | 2657        |
| <b>Total de vendas</b> | <b>7640</b> | <b>7460</b> | <b>7850</b> | <b>8030</b> | <b>8280</b> | <b>8470</b> | <b>7955</b> |

TABELA 4.2 – VENDAS EFETUADAS DE JUNHO A NOVEMBRO DE 2004

*Produção média mensal de itens similares*

| Descrição        | Dimensões   |         |           | Quantidade/mês (média) |          |          |          | Total         |
|------------------|-------------|---------|-----------|------------------------|----------|----------|----------|---------------|
|                  |             |         |           | Roupeiros              |          |          |          |               |
|                  | Comprimento | Largura | Espessura | 3 portas               | 4 portas | 5 portas | 6 portas |               |
| Porta            | 2.045       | 400     | 15        | 3.925                  | 5.253    | 13.383   | 15.940   | <b>40.962</b> |
| Lateral direita  | 2.190       | 510     | 15        | 1.308                  | 1.313    | 2.677    | 2.657    | <b>10.670</b> |
| Lateral esquerda | 2.190       | 510     | 15        | 1.308                  | 1.313    | 2.677    | 2.657    | <b>10.670</b> |
| Divisão inferior | 1.716       | 510     | 15        | 1.308                  | 1.313    | 5.353    | 7.970    | <b>18.186</b> |
| Divisão superior | 305         | 510     | 15        | 1.308                  | 1.313    | 5.353    | 7.970    | <b>16.775</b> |
| Espinha          | 2.037       | 70      | 15        | 2.617                  | 2.627    | 5.353    | 7.970    | <b>20.689</b> |

TABELA 4.3 – ATUALIZAÇÃO QUANTITATIVA DAS ÁRVORES DE PRODUTO

**Roteiros de produção:** Devido ao excelente grau de documentação da empresa, seus roteiros de produção já se encontravam prontos e atualizado. Na tabela 4.4 está exposto um exemplo de roteiro utilizado pela empresa, roteiro em questão se trata de um roupeiro 5 portas.

Roupeiro 05 Portas (Mogno Cód.7700105 e Marfim Cód.7700105)

| Máquinas              | Código roteiro | num.       | porta           | lateral dir/esq | div. Inferior   | tampo gaveta | tampo           | Base            |
|-----------------------|----------------|------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------------|
|                       |                | Quantidade | 5               | 2               | 2               | 2            | 1               | 1               |
|                       |                | Caixa      | cx1             | cx2             | cx2             | cx3          | cx3             | cx3             |
| Seccionadora          | 000081         | 81         | (1)-2075/355/15 | (1)-2200/480/15 | (1)-1735/480/15 | (1)          | (1)-1760/480/15 | (1)-1760/480/15 |
| Linha de perfiladeira | 001001         | 1001       | (2)             | (2)             | (2)             | (2)          | (2)             | (2)             |
| Coladeira de bordo    | 000143         | 143        | (3)             | (3)             |                 | (3)          | (3)             | (3)             |
| Furadeira             | 000089         | 89         | (4)             | (4)             | (3)             | (4)          | (4)             | (4)             |
| Revisão I             | 001013         | 1013       | (5)             | (5)             |                 |              |                 |                 |
| Cabine tingimento     | 000402         | 402        |                 | (6)             | (4)             | (5)          | (5)             | (5)             |
| Linha uv 1            | 001010         | 1010       | (6)             | (7)             | (5)             | (6)          | (6)             | (6)             |
| Revisão               | 003118         | 3118       | (7)             | (8)             | (6)             |              |                 |                 |
| Embalagem             | 000219         | 219        | (8)             | (9)             | (7)             | (7)          | (7)             | (7)             |

|  |              |
|--|--------------|
|  | medida bruta |
|  | Volume I     |
|  | Volume II    |
|  | Volume III   |

Obs.: Os números que estão em parentes representam a seqüência de processamento.

TABELA 4.4 – ROTEIRO DE PRODUÇÃO

**Cronoanálise:** Bem como nos itens anteriores, a análise dos tempos de processo foi facilitada pela disponibilidade dessas informações. De posse desses tempos, foi possível definir quais peças eram mais interessante tê-las no estoque intermediário.

A tabela 4.5 apresenta um exemplo da organização das medições de tempo necessário para a produção de um roupeiro 4 portas.

| <b>Tempo de produção para roupeiro 4 pts</b> |              |                 |                 |             |            |              |
|--|--------------|-----------------|-----------------|-------------|------------|--------------|
| PEÇAS  | QUANT. PEÇAS | OPERAÇÃO        | NUM. DE PESSOAS | TEMPO UNIT. | TEMPO MÁQ. | T. HOM. HORA |
| I<br><br>PORTAS<br>2045 x 436                | 4            | Corte           | 4               | 0,059       | 0,236      | 0,944        |
|  |              | Calibradeira    | 2               | 0,065       | 0,260      | 0,52         |
|  |              | Prensa          | 3               | 0,125       | 0,500      | 1,5          |
|  |              | Perfiladeira    | 4               | 0,111       | 0,444      | 1,776        |
|  |              | Furadeira       | 5               | 0,048       | 0,192      | 0,96         |
|  |              | Pintura Interna | 4               |             | 0,000      | 0            |
|  |              | Pintura Externa | 2               |             | 0,000      | 0            |
|  |              | num. de pcs     |                 |             |            | 4,000        |
| II<br><br>LATERAL<br>2190 x 510              | 2            | Corte           | 4               |             | 0,000      | 0            |
|  |              | Calibradeira    | 2               |             | 0,000      |              |
|  |              | Prensa          | 3               |             | 0,000      |              |
|  |              | Perfiladeira    | 4               | 0,139       | 0,278      |              |
|  |              | Furadeira       | 5               |             | 0,000      |              |
|  |              | Pintura Interna | 4               |             | 0,000      | 0            |
|  |              | Pintura Externa | 2               |             | 0,000      |              |
|  |              | num. de pcs     |                 |             |            | 2,000        |
| II<br><br>DIVISÃO<br>1716 x 510              | 1            | Corte           | 4               |             | 0,000      | 0            |
|  |              | Calibradeira    | 2               |             | 0,000      |              |
|  |              | Prensa          | 3               |             | 0,000      |              |
|  |              | Perfiladeira    | 2               |             | 0,000      |              |
|  |              | Furadeira       | 5               |             | 0,000      | 0            |
|  |              | Pintura Interna | 4               |             | 0,000      |              |
|  |              | Pintura Externa | 2               |             | 0,000      |              |
|  |              | num. de pcs     |                 |             |            | 1,000        |
| III<br><br>BASE<br>1741 x 510                | 1            | Corte           | 4               |             | 0,000      | 0            |
|  |              | Perfiladeira    | 2               |             | 0,000      |              |
|  |              | Furadeira       | 5               |             | 0,000      |              |
|  |              | Pintura Interna | 4               |             | 0,000      |              |
|  |              | Pintura Externa | 3               |             | 0,000      |              |
|  |              | num. de pcs     |                 |             |            | 1,000        |
| III<br><br>TAMPO<br>1741 x 510               | 1            | Corte           | 4               |             | 0,000      | 0            |
|  |              | Col Borda       | 4               |             | 0,000      | 0            |
|  |              | Furadeira       | 5               |             | 0,000      |              |
|  |              | Pintura Interna | 4               |             | 0,000      |              |
|  |              | Pintura Externa | 3               |             | 0,000      |              |
|  |              | num. de pcs     |                 |             |            | 1,000        |

TABELA 4.5 – EXEMPLIFICAÇÃO DOS TEMPOS COLETADOS

#### 4.5.2 NIVELAMENTO DAS INFORMAÇÕES INICIAIS

Graças ao comprometimento geral que foi conseguido no período de conscientização, o índice de participação foi satisfatório.

Reuniões periódicas foram realizadas a fim de manter a todos informados do andamento do projeto e sempre enfatizando os objetivos principais bem como a responsabilidade de cada um.

Mesmo na equipe de implantação o nível de instrução não era elevado (a maioria dos participantes possuía apenas o ensino fundamental), mas, isso não influenciou no resultado. Uma vez que o objetivo foi bem definido e o caminho bem planejado e explicado.

A participação dos altos postos de comando foi, sem dúvida alguma, fundamental para o êxito do projeto, uma vez que esses possuíam uma boa relação com os colaboradores de chão de fábrica.

#### **4.5.3 CÁLCULO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO ATUAIS**

Com os indicadores de desempenho propostos no item 4.4.4, pode-se comparar os resultados obtidos com a implantação das técnicas propostas.

Serão utilizados, conforme item supra citado, o tempo de ciclo e a taxa de utilização do espaço físico como nossos principais indicadores de desempenho. Outros indicadores também foram utilizados, contudo, devido à limitação do trabalho, foram escolhidos apenas dois para melhor exemplificação, assim como será analisado apenas um dos produtos desta empresa.

Tempo de ciclo (*lead-time*) – ID1: este indicador indica o período de tempo decorrido entre o momento de início de uma determinada ordem de produção até sua efetiva conclusão no final da linha de produção. Este item diferencia do item 3.2.4 devido estar analisando exclusivamente a etapa de produção do produto e não todo o processo de entrega.

**ID1= 36 horas**

Taxa de ocupação do espaço – ID2: este indicador servirá para acompanhar o melhor aproveitamento do espaço físico da fábrica, além de estar expressando o aumento de produção em função da área disponível.

$$ID2 = \frac{3400m^2}{1500Roupeiros} = 2,27m^2 / Roupeiros$$

#### **4.6 DESENVOLVIMENTO DO FUTURO LAYOUT**

A fim de sistematizar o desenvolvimento do novo *layout*, algumas medidas foram tomadas, como, por exemplo, a utilização da tecnologia de grupo, a análise das exceções, tempo necessário *versus* tempo disponível, necessidade de novos equipamentos e avaliação da viabilidade do projeto.

##### **4.6.1 UTILIZAÇÃO DA TECNOLOGIA DE GRUPO**

O conceito de Tecnologia de Grupo já havia sendo utilizado na empresa há algum tempo, contudo, esta exploração era superficial, uma vez que as necessidades de processo não eram levadas em consideração.

Conforme LORINI (1993), o método para identificação de similaridades dos produtos e processos podem ser divididas em quatro modalidades, inspeção visual, análise do fluxo de produção, classificação por código e reconhecimento de padrões.

O primeiro passo foi feito com o auxílio dos desenhos de cada peça. Em diversos casos, o projeto original destas foi modificado a fim de tornar idênticas as peças similares.

Feito isso, foi analisado cada processo. Algumas etapas do processo produtivo, de algumas peças, foram consideradas desnecessárias ou não agregavam valor ao produto e, de imediato, o roteiro de produção era alterado.

Enxugando a quantidade de peças e seus respectivos processos, os produtos receberam uma nova codificação, ainda que baseada no antigo sistema.

A utilização de um algoritmo para agrupar os processos similares foi considerada desnecessária devido à simplicidade do fluxo produtivo que era, basicamente, o mesmo para todas as peças, entretanto algumas peças eram consideradas especiais e tiveram tratamento diferencial.

#### **4.6.2 ANÁLISE DAS EXCEÇÕES**

Para as peças consideradas especiais como, por exemplo, peças com acabamentos diferenciados foram dedicadas uma célula de manufatura especial. Estas peças foram consideradas como menos problemáticas, uma vez que seu processo era esporádico e muito simples.

Entretanto, algumas peças eram mais trabalhosas de se produzir e, como o grupo pretendia efetivar a mudança sem gastos excessivos, foi decidido utilizar um estoque intermediário, figura 4.3 (página 64), de peças semi-acabadas. Este estoque conteria as peças mais trabalhosas em seu estado bruto, ou seja, sem pintura ou acabamento, somente com os cortes e furações.

Esta alternativa foi considerada muito interessante, pois se poderia utilizar as técnicas de Kanban e JIT para controlar o estoque e entrega das peças.

O dimensionamento desse estoque foi baseado na expectativa de vendas da diretoria da empresa.

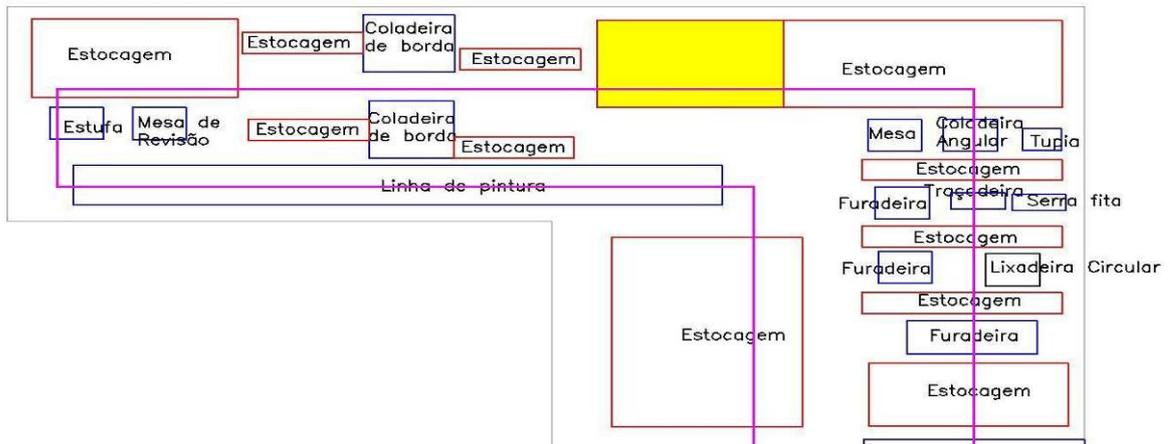


FIGURA 4.4 – DETALHAMENTO DA ÁREA DE ESTOQUE INTERMEDIÁRIO

### 4.6.3 NECESSIDADE DE NOVOS EQUIPAMENTOS

Perante análise do grupo, era necessário o investimento em máquinas que tivessem tempos de *setup's* muito pequenos a fim de viabilizar a produção em lotes menores, sem perder o índice de produtividade. Contudo, a empresa não tinha disponibilidade de fazer um alto investimento naquele momento, então coube ao grupo contornar esse problema.

A decisão adotada foi de utilizar estoques intermediários, pulmões, para alimentar o fluxo contínuo de peças, com o propósito de amortecer o impacto gerado pelos altos tempos de *setup's* de alguns equipamentos. Estes equipamentos foram analisados sob a ótica do Sistema de Troca Rápida de Ferramentas proposta por Shigeo Shingo, contudo, não foi possível conseguir ganhos significativos sem investimentos em algum tipo de mecanismo ou equipamento.

Para implantação desse estoque intermediário de peças, foi necessária a utilização de 375 metros lineares de mesas transportadoras, onde, desse total, 150 metros encontravam disponível na empresa, restando somente os 225 metros restantes para aquisição. Estas mesas transportadores tem a função de estocar as peças dos estoques intermediários.

Não houve necessidade de modificação do sistema de ar comprimido nem de exaustão. Somente o sistema de distribuição de energia elétrica sofreu modificação onde foram trocadas as fiações e eletrodutos.

#### **4.6.4 AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DO PROJETO**

Neste momento do projeto, já se tem uma visão bem definida de como ficará a fábrica após a mudança. Então, deve-se fazer uma estimativa dos custos e dos benefícios e confrontá-los de forma bastante realista.

Como a maioria dos integrantes da equipe já possui um bom grau de conhecimento e aceitação da proposta, as reuniões ficam mais consistentes e produtivas.

Para a aquisição das mesas transportadoras, movimentação de máquinas, entre outras atividades, foi estimada um custo de R\$ 30.000,00, incluindo todas as despesas necessárias como, por exemplo: mão-de-obra, materiais, compra de equipamentos, etc.

Na próxima seção serão apresentadas algumas simulações e resultados esperados, bem como sua análise e comparação frente aos objetivos do projeto.

### **4.7 SIMULAÇÕES E EXPECTATIVAS DO PROJETO**

#### **4.7.1 EXPECTATIVA DE REDUÇÃO DO *LEAD-TIME***

Através do uso de uma planilha eletrônica confeccionada no software EXCEL® foi possível simular qual seria a possível redução do *lead-time* alcançado.

Para tanto a modelagem da planilha considerou o ganho obtido pela padronização de peças e pela utilização de peças estocadas nas áreas de estocagem intermediárias, conforme figura 4.3 (página 64).

A tabela 4.6 trás o resultado dessa modelagem de dados, comparando os dados atuais com os estimados.

| Comparativo do ganho no <i>lead-time</i> ( <i>estimado</i> ) |                  |          |           |
|--|------------------|----------|-----------|
| Produto  | LEAD-TIME (dias) |          | Ganho (%) |
|  | atual            | proposto |           |
| Roupeiro 3 portas  | 3                | 2        | 33,33     |
| Roupeiro 4 portas  | 3                | 2        | 33,33     |
| Roupeiro 5 portas  | 4                | 3        | 25,00     |
| Roupeiro 6 portas  | 4                | 3        | 25,00     |

TABELA 4.6 – LEAD-TIME ATUAL VERSUS LEAD-TIME PROPOSTO

#### 4.7.2 EXPECTATIVA DE REDUÇÃO DA TAXA DE UTILIZAÇÃO DO ESPAÇO FÍSICO

Com a redução do *lead-time* será possível produzir mais num mesmo intervalo de tempo, aumenta volume de produção mensal. Por conseqüência melhor ocupando a área disponível. A tabela 4.7 apresenta a redução percentual estimada para valores da taxa de utilização do espaço físico.

| Estimativa de redução da taxa de ocupação do espaço físico |       |          |                            |
|--|-------|----------|----------------------------|
|  | Atual | Proposto | Aproveitamento de área (%) |
| Taxa de ocupação   | 0,452 | 0,340    | 24,81                      |

TABELA 4.7 – ESTIMATIVA DE REDUÇÃO DA TAXA DE OCUPAÇÃO DO ESPAÇO FÍSICO

#### 4.7.3 FLEXIBILIDADE ADQUIRIDA

Com o método de produção atualmente empregado só era possível à produção em grandes lotes, que consistia em dois lotes de produtos diferentes por dia

(cada lote com 100 roupeiros). Após a implantação é esperado um aumento de até 6 vezes no número de produtos diferentes produzidos diariamente, pois a estratégia de manufatura celular e estoque intermediário, administrado por *Kanban*, permitem que dificuldades de produção sejam superadas, como por exemplo, *set-up's* longos para cada troca de produto.

E, principalmente, viabilizando-se a produção em pequenos lotes, pode-se alcançar uma redução significativa do estoque de produtos acabados.

#### **4.8 ANÁLISE DOS RESULTADOS E APROVAÇÃO DO PROJETO**

Face aos ganhos potenciais e ao baixo investimento, o projeto foi prontamente aprovado. Contudo alguns resultados não puderam ser devidamente mensurados, devido ao prazo de conclusão deste trabalho e a não permanência do autor na empresa em estudo.

## **5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS**

Este capítulo trata das conclusões obtidas com estudo de caso na empresa Qualy Móveis, terceirizada da Indústria de Móveis MOVELAR, localizada no município de Linhares – ES. Contudo os resultados finais não puderam ser medidos devido ao prazo para conclusão deste trabalho e a permanência do autor na empresa em questão.

### **5.1 CONCLUSÕES**

O objetivo principal deste trabalho foi evidenciar de forma clara os passos necessários para uma eficiente implantação de algumas técnicas oferecidas pelo conhecido Sistema Toyota de Produção (STP), visando principalmente a redução do *lead time*. Este método foi desenvolvido e aplicado, ainda que sem o devido término por parte do autor, em uma indústria moveleira do norte capixaba.

A fim de possibilitar uma consistente base, no capítulo dois foram expostos de forma bastante lógica e progressiva as referidas técnicas, preocupando-se bastante com a exemplificação e clareza das informações.

O terceiro capítulo tratou de ligar as informações disponíveis com a necessidade da empresa.

No penúltimo capítulo foi feita uma análise referente à implantação do tema.

Dessa forma podemos concluir que o STP de fato trata-se de uma poderosa ferramenta para qualquer gestor de produção, uma vez que sua sistemática é de fácil assimilação e desenvolvimento.

Como os ganhos obtidos, e com outros, que por falta de um prazo maior, não puderam ser medidos, mas eram eminentes, foram possíveis à validação dos

referencias teóricas bem como conquistar ganhos significativos para a empresa pesquisada.

## 5.2 RECOMENDAÇÕES PARA OS PRÓXIMOS TRABALHOS

Durante o desenvolvimento do trabalho verificou-se a possibilidade de se aprofundar em temas vertentes do principal exposto. Devido à necessidade de se manter o foco principal estas possibilidades foram postas de lado e suprimidas sua devida valorização e exploração. Contudo, ainda certo de sua importância para a comunidade acadêmica e industrial seguem os tópicos identificados como recomendações de futuras dissertações de mestrado ou de doutorado:

- Desenvolver técnicas de treinamento e motivação específicos para o Sistema Toyota de Produção;
- Desenvolver de princípios ergonômicos e organizacionais específicos para indústrias moveleiras;
- Avaliar a viabilidade econômica de utilizar linha de pintura com rolos de cores exclusivos, focando na redução do *lead time*;
- Desenvolver o sistema SMED (*Single Minute Exchange of Die*) para furadeiras automáticas;
- Avaliar *lead-time* fora do processo produtivo, desde o departamento de vendas até a logística de distribuição, e enxuga-lo.

Com esse trabalho buscou atender a uma necessidade específica através de técnicas amplamente disseminada, contudo de utilização restrita, em face de dificuldades inicialmente encontradas. Buscou-se, também, demonstrar as interligações existentes entre as técnicas que compõe a filosofia da Manufatura Enxuta.

Para o futuro pode-se observar outros pontos importantes para complementação deste trabalho, vindo a contribuir, ainda mais, para o meio acadêmico e profissional.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AL-SHAGHANA, K. ***The problems associated with the implementation of cellular manufacturing in a traditional environment and a framework to overcome these problems*** *Proceedings* of: The 14th international conference on Production Research, August 4-8, Osaka, 1997.

ARVINDH, B. - IRANI, S. A. ***Cell formation: the need for an integrated solution of the subproblems*** *International Journal of Production Research*, vol. 32, n.º 5, pp. 1197-1218, 1994.

Novo Dicionário Aurélio – **Dicionário Eletrônico V 5.0.40**

BISCHAK, D. P. ***Performance of a manufacturing module with moving workers*** *IIE Transactions*, vol. 28, pp. 723-733, 1996.

BHIDE, P., BHANDWALE, A. AND KESAVADAS, T. ***Cell formation using multiple process plans***. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 16, 53-65, 2005

BLACK, J. T. ***O Projeto da Fábrica com Futuro***. Bookman, Porto Alegre, 1998.

BLACK, J. T. ***The design of the factory with a future***. Auburn, McGraw-Hill, 1991.

CHANG, CHING-TER. ***A linearization approach for inventory models with variable lead time***. *International Journal of Production Economics*, 96 263-272, 2005

DANNI, T. S. - TUBINO, D. F. ***Avaliação operacional no ambiente just-in-time***. *Anais do 16º ENEGEP*, 7-10 de Outubro, Piracicaba, 1996.

BATOCCHIO, A., G. N. FRANCO. **Manufatura Enxuta como Estratégia para o Ganho de Competitividade**. Anais do VIII Congresso Nacional de Ingeniería Mecánica, Valparaíso, Chile, novembro, 2000.

ELIAS, Sérgio José Barbosa. **Os sistemas de planejamento e controle da produção na indústria de confecções do Estado do Ceará: estudo de múltiplos casos**. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

EXAME, Negócios. **Muito além do Just-in-Time**. Revista Exame Negócios, p 44-46, novembro de 2000.

FERNANDES, Flávio C. F.; DALALIO, Andréia G. **Balanceamento e rebalanceamento de linhas de montagem operadas por grupos de trabalho autogerenciados**. Artigo publicado na revista Gestão & Produção, v.7,n.3, p.378-398. Universidade Federal de São Carlos, dezembro de 2000.

GARG, Suresh; VRAT, Prem; KANDA, Arun. **Equipment flexibility vs. Inventory: A simulation study of manufacturing systems**. International journal of production economics, 70, p. 125-146, 2001.

GOLDRATT, Eliyahu. **A Meta**. São Paulo, Educator Editora, 1997.

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

T. J. Greene and R. P. Sadowski, **A review of cellular manufacturing assumptions, advantages and design techniques**, Journal of Operations Management, 4(2), pp. 85–97, 1984.

HAMMER, Michael. JONES, Daniel. **Reengenharia – Revolucionando a empresa**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1994.

HARMON, Roy L. ***Reinventando a fábrica II: conceitos modernos de produtividade na prática***. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1993.

HARMON, R. L. ***Reinventando a fábrica: conceitos modernos de produtividade aplicados na prática*** Rio de Janeiro, Campus, 1991.

HAWANG, Hark; REE, Paek. ***Routes selection for the cell formation problem with alternative part process plans***. Computers & Industrial Engineering, v.30, n.3, p.423-431, 1996.

HOLLAND, STEPHEN P. ***Set-up costs and the existence of competitive equilibrium when extraction capacity is limited***. Journal of Environmental Economics and Management, 46 539-556, 2003

HYER, N. L.; WEMMERLÖV, U. (1984). Group technology and productivity. ***Harvard Business Review***, v.62, n.4, p.140-149. (t:835)

KANAWATY, G.(editor). ***Managing and developing new forms of work organization***. Geneva. 2ª edição. OIT/ILO, 1984.

LOPES, Paulo da Costa. & SOUZA, José Paulo de. ***Sistema Simulador de Planejamento Estratégico de Produção - SISPEP: Uma Proposta de Capacitação para Gestão***. XVIII Congresso Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP). Niterói, 1998.

LOPES, M. C. ***Método para focalização da produção com células de manufatura***. Dissertação (mestrado em engenharia de produção), UFSC, Florianópolis, 1998.

LORINI, F. ***Tecnologia de grupo e organização da manufatura***. Florianópolis, Ed. da UFSC, 1993.

LUBBEN, R. T. ***Just-in-time: uma estratégia avançada de produção***. São Paulo, McGraw-Hill, 1989.

MARTINS, Petrônio G., LAUGENI, F. **Administração da Produção**. São Paulo, Editora Saraiva, 1998.

MOLLEMAN, ERIC., SLOMP, JANNES., ROLEFES, SAMANTHA . **The evolution of a cellular manufacturing system – a longitudinal case study**. International Journal of Production Economics, 75 305-322, 2002

MONDEN, Yasuhiro. **What makes the Toyota Production System really tick?** Industrial Engineering, [S.l.], p. 36-46, Jan. 1981.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção**. Editora do IMAM, São Paulo, 1984.

MONKS, Joseph. **Administração da Produção**. São Paulo, Editora Makron Books, 1987.

MOREIRA, Daniel. **Administração da Produção e Operações**. São Paulo, Livraria Pioneira Editora, 1996.

MOURA, Reinaldo A. **Kanban, A Simplicidade do Controle da Produção**. São Paulo, Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais - IMAN, 1989.

MUTHER, R. **Planejamento do Layout: Sistema SLP**. São Paulo : Editora Edgard Blücher, 1978.

NUNES, R. S. **Compatibilização Kanban e MRPII em ambiente just-in-time: o caso da Zivi S.A. – cutelaria**. Dissertação (mestrado em administração), UFRGS, Porto Alegre, 1992.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre, Bookman, 1997.143

OLORUNNIWO, F, UDOB, Godwin. *The impact of management and employees on cellular manufacturing implementation*, International Journal Production Economics 76 (2002) 27–38, Accepted 18 February 2001,

OLORUNNIWO, F. O. ***Changes in production planning and control systems with implementation of cellular manufacturing*** *Production and Inventory Management Journal*, first quarter, pp. 65-70, 1996.

RAY, SAIBAL, JEWKES, E. M. **Customer lead time management when both demand and price are lead time sensitive.** *European Journal of Operational Research*, 153 769-781, 2004

SHAFER, S. M. - CHARNES, J. M. ***Cellular versus functional layouts under a variety of shop operating conditions.*** *Decision Sciences*, vol. 24, pp. 665-681, 1991.

SHINGO, Shigeo. ***O Sistema Toyota de Produção.*** Porto Alegre, Bookman, 1996.

SHINGO, Shigeo. ***Sistema de troca rápida de ferramenta: uma revolução nos sistemas*** produtivos. Porto Alegre, Bookman, 2000.

SILVEIRA, G. J. C. da ***Uma metodologia de implantação da manufatura celular*** Dissertação de mestrado apresentada à Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1994.

SINGH, N. ***Design of cellular manufacturing systems: an invited review.*** *European Journal of Operational Research*, vol. 69, pp. 284-291, 1993.

SLACK, Nigel et al. ***Administração da Produção.*** São Paulo, Editora Atlas, 1999.

TUBINO, Dalvio Ferrari. ***Manual de Planejamento e Controle da produção.*** São Paulo, Editora Atlas, 1997.

TUBINO, Dalvio Ferrari. ***Sistema de Produção: A Produtividade no Chão de Fábrica.*** Porto Alegre, Bookman Editora, 1999.

TUBINO, D. F. & FILHO, J. R. B. ***Implantação do planejamento e controle da produção em pequenas e médias empresas.*** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Rio de Janeiro, 1999.

WEMMERLOV, U., D.J. JOHNSON, ***Cellular manufacturing in 46 user plants: Implementation experiences and performance improvement,*** International Journal of Production, Research 35 (1997) 29–49.

ZILBOVICIUS, Mauro. ***Métodos para a produção, produção de métodos: gênese, lógica e difusão do método japonês de organização da produção.*** São Paulo, FAPESP, Annablume Editora, 1999..145

WOMACK, James P. ***A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza.*** Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998.