

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA BASEADA EM INDICADORES DE  
DESEMPENHO PARA AVALIAÇÃO DE PRINCÍPIOS RELATIVOS À  
PRODUÇÃO ENXUTA: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA  
FABRICANTE DE PRODUTOS PARA O SETOR MÉDICO-HOSPITALAR.**

**FLÁVIO TEODORO DIAS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA BASEADA EM INDICADORES DE  
DESEMPENHO PARA AVALIAÇÃO DE PRINCÍPIOS RELATIVOS À  
PRODUÇÃO ENXUTA: ESTUDO DE CASO EM UMA EMPRESA  
FABRICANTE DE PRODUTOS PARA O SETOR MÉDICO-HOSPITALAR.**

Flávio Teodoro Dias

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de São Carlos,  
como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de Mestre em  
Engenharia de Produção.

**Orientador: Prof. Dr. Flávio César Faria Fernandes**

**SÃO CARLOS**  
**2003**

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

D541pm	<p>Dias, Flávio Teodoro . Proposta de uma metodologia baseada em indicadores de desempenho para avaliação de princípios relativos à produção enxuta: estudo de caso em uma empresa fabricante de produtos para o setor médico-hospitalar / Flávio Teodoro Dias. -- São Carlos : UFSCar, 2003. 140 p.</p> <p>Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2003.</p> <p>1. Sistemas de produção. 2. Produção enxuta. 3. Controle de produção. 4. Controle de qualidade. 5. Indicadores de desempenho. I. Título.</p> <p>CDD: 338.63 (20<sup>a</sup>)</p>
--------	---

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

Ao Rafael e a Renata. A razão deste trabalho.

Ao meu Pai. A razão desta conquista.

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Flávio César Faria Fernandes. Grande mestre e excelente orientador. Sem sua extrema perseverança e confiança em mim, este trabalho nunca teria chegado ao fim.

Ao Prof. Dr. Domingo Marcolino Braile, professor genial e grande incentivador. Uma dissertação inteira não seria o bastante para descrever a grande pessoa que ele é e a importância que ele teve e continua tendo na minha vida profissional.

À toda a diretoria da Braile Biomédica, em especial à Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Patrícia Braile e ao Eng. Adalberto Camim.

Os meus mais sinceros agradecimentos ao futuro Prof. Dr. Moacir Godinho Filho. Um grande talento como professor e mais ainda como orientador. Tão poucas linhas são incapazes de expressar sua valorosa contribuição, desde que este se transformou de uma maneira informal, em co-orientador deste trabalho.

Ao futuro Prof. Dr. Fábio Molina, que realizou a programação do software no quinto capítulo. Espero que você fique satisfeito com o trabalho, para compensar o seu extremo esforço programando até altas horas da noite. Também os meus agradecimentos ao Prof. Dr. Carlos Humberto Aravechia, pela importante contribuição no desenvolvimento do quarto capítulo.

Aos professores da Banca Examinadora, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Maria Rita Pontes Assumpção (PPGEP/UFSCar) e ao Prof. Dr. Marino de Oliveira Resende (EESC/USP) pela gentileza em apreciar esta dissertação e por tão valorosas considerações no momento da arguição.

A minha irmã, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Fabiana Dias, a minha mãe, Zilda Ferrari e a toda a minha família, que sempre me apoiou durante todo o tempo de elaboração deste trabalho.

A todos os colegas da Braile Biomédica, em especial ao meu grande amigo Nilton Mazzoni, um grande companheiro e incentivador e a minha amiga Eliete Arenas, pela presteza e apoio durante o desenvolvimento do trabalho.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO.....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xii</b>
<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação, Justificativa da Importância do Tema e Objetivos Gerais .....	1
1.2 Hipóteses e Objetivos Específicos do Trabalho.....	3
1.3 Metodologia de Pesquisa.....	4
1.3.1 Abordagens de pesquisa.....	5
1.3.2 Procedimentos de pesquisa.....	6
1.4 Estrutura da Dissertação.....	7
<b>2 AS ABORDAGENS PARA A PRODUÇÃO ENXUTA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Origens e Definições da Produção Enxuta.....	10
2.2 A Primeira Abordagem da Produção Enxuta.....	12
2.3 A Segunda Abordagem da Produção Enxuta.....	19
2.4 A Terceira Abordagem da Produção Enxuta.....	27
2.5 A Abrangência das Abordagens da Produção Enxuta.....	36
<b>3 A QUARTA ABORDAGEM PARA A PRODUÇÃO ENXUTA.....</b>	<b>41</b>
3.1 A Quarta Abordagem para a Produção Enxuta em Nível de Chão-de-Fábrica....	41
3.1.1 Princípio nr.1: o fluxo de materiais deve ser o mais simples possível.....	41
3.1.2 Princípio nr.2: o sistema de controle da produção deve ser compatível com o sistema de produção.....	44
3.1.3 Princípio nr. 3: o dimensionamento do ritmo da produção ( <i>takt time</i> ) deve ser realizado em função da demanda, da capacidade e da influência da taxa (ritmo) de produção sobre a taxa de refugo.....	47
3.1.4 Considerações.....	52
3.2 Discussão Sobre a Quarta Abordagem.....	54
<b>4 PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA BASEADA EM INDICADORES DE DESEMPENHO PARA AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO ENXUTA.....</b>	<b>57</b>
4.1 Indicadores da produção enxuta.....	61

4.2 Proposta de uma metodologia de avaliação baseada em indicadores de desempenho relativos à produção enxuta.....	66
4.3 Considerações sobre a proposta.....	70
<b>5 A APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUARTA ABORDAGEM PARA A PRODUÇÃO ENXUTA.....</b>	<b>72</b>
5.1 A Empresa.....	72
5.2 A Aplicação do Primeiro Princípio: Simplifique ao Máximo o Fluxo de Materiais.....	74
5.2.1 Análise do fluxo de produção (PFA).....	74
5.2.1.1 Análise do fluxo da fábrica (FFA).....	74
5.2.1.2 Análise de Grupo (GA).....	83
5.2.2 O desenvolvimento do software.....	92
5.2.2.1 O algoritmo .....	93
5.2.2.2 O software.....	94
5.2.2.3 Aplicação do software DCM ao estudo de caso .....	100
5.2.3 Comparações /Análise PFA x Software.....	102
5.3 A Aplicação do Segundo Princípio: Escolha ou Projete o Sistema de Controle de Produção em Função do Sistema de Produção.....	104
5.4 A Aplicação do Terceiro Princípio: o dimensionamento do ritmo da produção ( <i>takt time</i> ) deve ser realizado em função da demanda, da capacidade e da influência da taxa (ritmo) de produção sobre a taxa de refugo.....	106
5.5 A aplicação da metodologia proposta baseada em indicadores de desempenho da produção enxuta.....	107
5.5.2 Considerações finais.....	111
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>113</b>
6.1 Análise das hipóteses.....	113
6.2 Avaliação dos objetivos.....	114
6.3 Pesquisas futuras.....	114
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>116</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>121</b>



## LISTA DE TABELAS

TABELA 2.1 - Prazo para o salto para o pensamento enxuto.....	16
TABELA 2.2 - As três abordagens da produção enxuta.....	36
TABELA 3.1 - Características, dimensões e variáveis do sistema de classificação multidimensional para projeto ou seleção de sistemas de controle de produção.....	45
TABELA 3.2 - As variáveis e a escolha do sistema de PCP.....	46
TABELA 3.3 - Características da demanda, do refugo e ações a serem tomadas para cada um dos passos resultantes das decisões múltiplas para cálculo do <i>takt time</i> efetivo 2 .....	52
TABELA 3.4 - Relação entre o sistema de controle da produção e o dimensionamento das variáveis.....	53
TABELA 3.5 - Relação entre a repetitividade e a possibilidade de se trabalhar em fluxo.....	54
TABELA 3.6 - Expansão dos princípios da quarta abordagem da produção enxuta para os níveis de empresa e cadeia de suprimentos.....	56
TABELA 4.1 - Indicadores enxutos relativos à eliminação de atividades que não agregam valor.....	63
TABELA 4.2 - Indicadores enxutos relativos à melhoria contínua.....	63
TABELA 4.3 - Indicadores enxutos relativos a equipes multifuncionais.....	64
TABELA 4.4 - Indicadores enxutos relativos à produção e entrega <i>just-in-time</i> .....	64
TABELA 4.5 - Indicadores enxutos relativos à integração dos fornecedores.....	65
TABELA 4.6 - Indicadores enxutos relativos a sistemas de informações flexíveis.....	65
TABELA 4.7 - Atributos dos indicadores.....	69

TABELA 5.1 - Código dos Processos.....	76
TABELA 5.2 - Tábua de Frequência PRN.....	77
TABELA 5.3 - Gráfico DE/PARA.....	79
TABELA 5.4 - PRNs em ordem decrescente.....	80
TABELA 5.5 - Gráfico “ <i>home and away</i> ”.....	82
TABELA 5.6 - Família de Produtos.....	85
TABELA 5.7 - Gráfico família x máquina.....	86
TABELA 5.8 – Divisão de máquinas em grupos.....	87
TABELA 5.9 - Nº de máquinas por grupo.....	88
TABELA 5.10 - Nº de máquinas por grupo após implantação 3º método.....	90
TABELA 5.11 - Tamanho do lote de produção do setor de injetados.....	109
TABELA 5.12 - Tamanho do lote de produção com sistema de emissão de ordens serviço.....	109
TABELA 5.13 - Comparação dos tamanhos de lotes de produção....	110

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2.1 - Etapas do mapeamento do fluxo de valor.....	18
FIGURA 2.2 - Melhorias do sistema de produção da Toyota.....	22
FIGURA 2.3 - Elementos de operação-padrão.....	26
FIGURA 2.4 - Os seis princípios da produção enxuta .....	28
FIGURA 2.5 - Distribuição dos princípios do pensamento enxuto ao longo da Cadeia de Valor.....	38
FIGURA 2.6 - Abrangência das abordagens da produção enxuta.....	40
FIGURA 3.1 - Cálculo do <i>takt time</i> efetivo.....	51
FIGURA 4.1 - Custo total X volume.....	59
FIGURA 4.2 - Custo médio unitário X volume .....	60
FIGURA 4.3 - Um modelo de produção enxuta.....	62
FIGURA 4.4 - Metodologia para avaliação da performance de um sistema enxuto de produção.....	68
FIGURA 5.1 - Rede de fluxo de materiais inicial.....	78
FIGURA 5.2 - Rede de Fluxo de materiais simplificada.....	81
FIGURA 5.3 - Rede de fluxo de materiais com centros de serviços.....	91
FIGURA 5.4 - <i>Direct-Cluster Algorithm</i> (DCA).....	94
FIGURA 5.5 - Tela Inicial DCM.....	95
FIGURA 5.6 - Cadastro de Máquinas.....	96
FIGURA 5.7 - Cadastro de peças.....	96
FIGURA 5.8 - Relacionamento peças-máquinas.....	97
FIGURA 5.9 - Aplicativo “Cálculo”.....	98
FIGURA 5.10 - Ajuste % utilização para definição máquina múltipla.....	98
FIGURA 5.11 - Matriz Inicial.....	99
FIGURA 5.12 - Matriz Final.....	99
FIGURA 5.13 - Matriz Inicial.....	101
FIGURA 5.14 - Matriz Final.....	102

## LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS.

ABC: *Activity Based Cost* (custeio baseado na atividade)

CQ ou QC: Controle da Qualidade

CP ou PC: Controle da Produção

CFA: *Company Flow Analysis* (análise de fluxo da empresa)

CM: *Celular Manufacturing* (manufatura celular)

CPM: *Critical Path Method* (método do caminho crítico)

ERP: *Enterprise Requirement Planning* (planejamento das necessidades da companhia)

FFA: *Factory Flow Analysis* (Análise de fluxo de fábrica)

FIFO/PEPS: *First in First out* (Primeiro que entra primeiro que sai)

FMS: *Flexible Manufacturing System* (Sistema flexível de manufatura)

GA: *Group Analysis* (Análise de grupo)

JIT: *Just in time*

LA: *Line Analysis* (Análise de linha)

MRP: *Material Requirements Planning* (Planejamento das Necessidades de Materiais)

MRPII: *Manufacturing Resource Planning* (Planejamento dos Recursos da Manufatura)

OPT: *Optimized Production Technology*

PBC: *Period Batch Control* (Controle periódico de lote)

PERT: *Program Evaluation and Review Technique* (Técnica de revisão e avaliação do programa)

PMP: Programa Mestre de Produção

PPC/PCP: *Production Planning and Control* (Planejamento e Controle da Produção)

PCS/SCP: *Production Control System* (Sistema de Controle da Produção)

PRN: *Process Route Number* (Número de roteiro do processo)

STP: Sistema Toyota de Produção

TA: *Tooling Analysis* (Análise de ferramental)

TQC: *Total Quality Control* (Controle da Qualidade Total)

TQM: *Total Quality Management* (Gerenciamento da Qualidade Total)

## RESUMO

É proposto como objetivo principal deste trabalho uma metodologia para avaliação da performance de um sistema de produção por meio da utilização de indicadores de desempenho relativos à produção enxuta em relação aos objetivos da manufatura qualidade e produtividade e suas variáveis, qualidade, tempo e custo. O objetivo esperado é que esta metodologia auxilie a empresa a medir o desempenho em um ambiente de produção enxuta. Sendo assim, realiza-se uma apresentação da evolução do conceito enxuto, seus princípios e técnicas e a apresentação das três principais vertentes baseadas no pensamento enxuto. Dentro deste contexto, será apresentada uma nova vertente que busca a integração formal entre o controle de produção e o controle de qualidade em nível de chão-de-fábrica. Serão descritos os indicadores de desempenho mais utilizados para medir a performance de um sistema enxuto e serão definidos os níveis de abrangência que cada indicador possui em relação ao chão-de-fábrica, empresa e cadeia de suprimentos. A seguir, a dissertação propõe uma metodologia que permita a medição do desempenho da empresa quantificando os benefícios que podem ser esperados na implementação das técnicas enxutas. Finalmente, no estudo de caso será demonstrado por meio da aplicação da metodologia proposta, que a introdução dos conceitos pregados pela quarta abordagem da produção enxuta para mudança do fluxo de materiais e informações dos sistemas de produção, o que acarreta em mudanças no *layout* de fabricação e nos sistemas de controle de produção, conduzem a empresa ao aumento da sua competitividade.

Palavras-chave: Produção Enxuta, Controle de Produção, Controle de Qualidade, Indicadores de Desempenho.

## ***ABSTRACT***

The objective of this project is to develop a methodology to evaluate the performance of a production system through the use of performance indicators regarding lean production in relation to the objectives of quality, manufacturing and productivity and its variables, quality, time, and cost. The expected objective is that this methodology will help the company to measure performance in a lean production environment. A presentation of the evolution of the lean concept will be performed, its principles and techniques, and the presentation of the three views of the lean thought. Within this context, a new view will be presented which seeks a formal integration between the production control and quality control at the shop floor level. The most used performance indicators will be described. They are used to measure the performance of a lean system and levels of employment for each indicator will be defined at the levels of the shop floor, company and supply chain. This project proposes a methodology that allows measurement of a company's performance that quantifies benefits that can be expected in the implementation of lean techniques. Finally, it will be shown through the application of the proposed methodology in the case study that the introduction of the concepts discussed in the fourth approach of lean production, which deals with the change of material and information flow from the production systems, helps the company to be more competitive. This concept translates into layout changes in the manufacturing process and in the production control systems.

***Key words:*** *Lean Production, Production Control, Quality Control, Performance Indicators.*

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Motivação, Justificativa da Importância do Tema e Objetivos Gerais

Diversas transformações vêm ocorrendo no ambiente competitivo atual. Dentre estas transformações podemos citar: concorrência em níveis globais, exigência cada vez maior dos clientes, grandes avanços tecnológicos, alta mobilidade de capital, escassez de recursos naturais. Diante disso as organizações modernas devem conhecer e implantar novos paradigmas e metodologias de gestão da produção que as ajudem a enfrentar (antecipar-se e/ou adaptar-se) estas transformações e que venham contribuir para a competitividade de tal organização.

Dentro deste contexto, podemos citar novos paradigmas de gestão que trabalham exatamente nesta direção, ou seja, objetivando o aumento do poder competitivo das organizações. A Manufatura Enxuta (*Lean Manufacturing*), a Manufatura Ágil (*Agile Manufacturing*) são exemplos destes paradigmas. Segundo SIPPER & BULFIN (1997) “... recentemente duas filosofias de gestão tem emergido no caminho de uma empresa rumo a tornar-se uma manufatura de classe mundial: a manufatura enxuta e a manufatura ágil.”

Este trabalho vai tratar exatamente de um destes novos paradigmas de gestão da produção, a Manufatura Enxuta, também conhecida por Produção Enxuta. Diversos são os autores que em seus estudos empíricos mostram que a Produção Enxuta contribui para o aumento da competitividade das empresas. Exemplos são os trabalhos de BILLESBACH (1994), OLIVER *et al* (1996) e LOWE *et al* (1997).

A Manufatura Enxuta é o nome dado no Ocidente ao Sistema Toyota de Produção, desenvolvido na Toyota, no Japão, por Eiji Toyoda e Taiichi Ohno. Para WOMACK & JONES (1998), dois dos principais autores sobre o assunto e que ajudaram a popularizar esse conceito no ocidente, a Manufatura Enxuta é uma nova abordagem segundo a qual existe uma forma melhor de organizar e gerenciar os relacionamentos de uma empresa com os clientes, cadeia de fornecedores, desenvolvimento de produtos e operações de produção. Dentro desta abordagem tenta-se cada vez fazer mais com menos (menos equipamentos, menos esforço humano, etc...). Para FERNANDES & MACCARTHY (1999) a ênfase da Manufatura Enxuta

está nos objetivos produtividade e qualidade. Em suas próprias palavras: “... a Manufatura Enxuta enfatiza a produtividade e a qualidade.” Esta ênfase da Manufatura Enxuta nestes dois objetivos de desempenho também é salientado no trabalho de GODINHO FILHO (2001).

Dentro da literatura sobre Manufatura Enxuta, GODINHO FILHO & FERNANDES (2002) identificaram três abordagens principais as quais apresentam princípios relacionados, em maior ou menor grau (focos diferenciados), a duas importantes funções gerenciais: o Controle da Produção (CP) e o Controle da Qualidade (CQ), sendo que estas funções estão respectivamente ligadas aos objetivos produtividade e qualidade. A partir da análise destas três abordagens, FERNANDES *et al.* (2003) apresentam uma nova abordagem para a Produção Enxuta, em nível de chão de fábrica, a qual tem a pretensão de apresentar um alto foco em ambos: produtividade e qualidade, além de integrar seus processos relacionados (CP e CQ), uma vez que é consenso entre diversos autores, dentre eles RUMMLER & BRACHE (1994), que a integração dos processos é uma grande oportunidade para o aperfeiçoamento das organizações.

O objetivo principal deste trabalho é exatamente estudar a Produção Enxuta, trabalhando com esta nova abordagem de Produção e realizando uma aplicação e análise desta em uma empresa fabricante de produtos para o setor médico-hospitalar. Esta análise será feita à luz de indicadores de desempenho para a Produção Enxuta identificados por SÁNCHEZ & PÉREZ (2001) e de KARLSSON & AHLSTRÖM (1996).

A avaliação de desempenho através da utilização de indicadores tem se tornado relevante para as organizações que têm implantado novas tecnologias de produção e de gestão, o que justifica o interesse desta dissertação por este assunto. Para NEELY (1999) é impossível responder a questão sobre porque o assunto da medição de desempenho através da utilização de indicadores se tornou tão importante para as organizações nos últimos tempos, mas evidências sugerem que há sete razões principais:

- (1) a mudança na natureza do trabalho;
- (2) o aumento da concorrência;
- (3) as iniciativas de melhorias específicas;
- (4) prêmios nacionais e internacionais;



- (5) mudanças organizacionais;
- (6) mudança das necessidades externas; e
- (7) o poder da tecnologia de informação.

De acordo com DETTY & YINGLING (2000), a decisão de se implantar a produção enxuta se torna extremamente difícil na medida em que as diferenças que encontramos na produção tradicional em relação à produção enxuta são muito grandes, em função das diferenças na administração do pessoal, *layout* e no fluxo de materiais e informações. Segundo eles, essas diferenças fazem com que seja muito difícil para as organizações tradicionais predizerem a magnitude das transformações e dos benefícios que a produção enxuta pode trazer, fazendo com que a decisão de se aplicar ou não a mentalidade enxuta seja uma combinação de fé nas técnicas enxutas, aliada às experiências relatadas por outras organizações. Entretanto, para muitos administradores, estas justificativas são insuficientes para convencê-los a adotar a filosofia enxuta.

Sendo assim, este trabalho propõe uma metodologia para auxiliar a quantificar os benefícios que podem ser esperados na aplicação dos princípios da produção enxuta, que, através da utilização de uma série de indicadores de desempenho relativos à produção enxuta, permita avaliar a performance de um sistema frente a um processo em que o modelo enxuto já está instalado ou se encontra ainda em fase de avaliação quanto à sua implementação dentro de uma organização.

Além disso, este trabalho também apresenta um software para auxiliar na aplicação da tecnologia de grupo, portanto relacionado ao primeiro princípio da produção enxuta de FERNANDES *et al* (2003).

## **1.2 Hipóteses e Objetivos Específicos do Trabalho**

A partir das considerações feitas na seção anterior elaboramos as seguintes hipóteses que nortearão esta dissertação de mestrado:

Hipótese 1: Dentro da literatura sobre produção enxuta, pode-se posicionar outros autores dentro das três abordagens da produção enxuta identificadas por GODINHO FILHO & FERNANDES (2002); este posicionamento pode ser feito levando-se em conta os princípios da produção enxuta enfocados por estes trabalhos;

Hipótese 2: As três abordagens da Produção Enxuta identificadas por GODINHO FILHO & FERNANDES (2002) apresentam diferentes abrangências com relação ao chão-de-fábrica, a empresa e a cadeia de suprimentos como um todo;

Hipótese 3: A simplificação do fluxo de produção, primeiro princípio da abordagem da produção enxuta de FERNANDES *et al* (2003) pode ser alcançada com a utilização de um software para a elaboração de *layout* celular; portanto este software complementa a metodologia PFA de BURBIDGE (1996);

Hipótese 4: A quarta abordagem da produção enxuta, proposta por FERNANDES *et al* (2003).contribui no âmbito do chão de fábrica, para a melhoria de indicadores de desempenho relativos a produção enxuta.

Assim sendo, os objetivos específicos desta dissertação de mestrado são:

i) Apresentar trabalhos encontrados atualmente na área da Produção Enxuta que se encaixam dentro das três abordagens da Produção Enxuta identificadas por GODINHO FILHO & FERNANDES (2002);

ii) Discutir a abrangência das três abordagens da produção enxuta identificadas por GODINHO FILHO & FERNANDES (2002);

iii) Criar um software para a elaboração de um *layout* em grupo (celular), discutindo seus resultados frente à metodologia PFA, proposta por BURBIDGE (1996);

iv) Através da proposta de uma metodologia relativa à aplicação de indicadores de desempenho da produção enxuta, avaliar a abordagem da Produção Enxuta direcionada ao chão-de-fábrica proposta por FERNANDES *et al* (2003) por meio de um estudo de caso em uma empresa fabricante de produtos para o setor médico hospitalar.

### **1.3 Metodologia de Pesquisa**

A dissertação se baseia em uma metodologia criada para avaliar a mudança do fluxo de materiais e informações de sistemas de produção, que acarreta em mudanças no *layout* de fabricação e no sistema de controle de produção, visando um aumento da competitividade através da integração entre os objetivos da manufatura: produtividade e qualidade. O objetivo esperado é a busca da validação de forma lógica,

da metodologia a ser descrita, com base na argumentação originada na bibliografia analisada. Será feita uma exposição de três vertentes da produção enxuta e de uma quarta nova abordagem proposta e uma aplicação prática a um estudo de caso em uma empresa metal-mecânica fabricante de produtos utilizados em cirurgias cardíacas.

Na próxima seção, será realizada uma exposição sobre as abordagens de pesquisa existentes (quantitativa e qualitativa). Além disso, serão demonstrados os procedimentos de pesquisa utilizados nesta dissertação, destacando as pesquisas de caráter teórico-conceitual e o estudo de caso utilizado como procedimento no trabalho.

### **1.3.1 Abordagens de pesquisa**

Para STAKE (1983) cada pessoa vê as coisas com uma certa singularidade, ou então, uma certa subjetividade. Para ele, não é possível eliminar completamente a subjetividade. Coloca-se então uma importante questão: podemos colocar essa subjetividade a trabalhar para nós de forma a melhorar nossa pesquisa e avaliação? O argumento a favor e contra a singularidade e a subjetividade pode muitas vezes ser visto como a diferença entre as abordagens *quantitativa* e *qualitativa* na pesquisa. A pesquisa quantitativa caracteriza-se por dados extraídos de um grande número de casos sobre um pequeno número de variáveis. A pesquisa qualitativa é caracterizada por dados obtidos a partir de um pequeno número de casos sobre um grande número de variáveis.

Segundo CRESWELL (1994) a abordagem quantitativa tem como origem um problema verificado, seguido da elaboração de uma teoria e a formulação de variáveis, onde por meio de medições e procedimentos estatísticos, esta teoria pode ser generalizada ou não. Na pesquisa quantitativa a realidade é vista de forma objetiva, independentemente do pesquisador, o qual deve permanecer distante daquilo que está sendo pesquisado. Este tipo de pesquisa tem a intenção de criar generalizações.

Segundo GODOY (1995) foi a partir da década de 70 que houve um aumento crescente do uso da abordagem de pesquisa qualitativa em trabalhos científicos. Este tipo de abordagem apresenta as seguintes características:

- proporciona ao pesquisador um contato mais direto com o ambiente e a situação a ser estudada, através do trabalho intensivo de campo tendo o ambiente natural como fonte direta dos dados e o pesquisador como instrumento-chave;

- estuda o fenômeno no meio onde ocorre, sem a manipulação do pesquisador, mas utilizando o pesquisador como principal instrumento;

- envolve a coleta de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada;

- enfatiza mais o processo que o produto.

Além destas, TRIVIÑOS (1990) reforça as características acima colocando ainda que a pesquisa qualitativa possui as seguintes características:

- a pesquisa qualitativa é descritiva.

- Os pesquisadores qualitativos tendem a analisar seus dados indutivamente.

- O significado é a preocupação essencial na abordagem qualitativa.

A pesquisa qualitativa, dentre outras características tem um enfoque subjetivista, ou seja, busca-se valer da subjetividade do observador como um elemento central tanto na obtenção dos dados de campo quanto na construção de hipóteses explicativas. Seus fundamentos originam-se na crítica à postura tradicional em relação ao conhecimento científico, referenciada nas teorias positivistas as quais postulam que os julgamentos de valor do pesquisador não devem estar presentes nem afetar a coleta ou a análise de dados.

Conforme TRIVIÑOS (1990), a pesquisa qualitativa de forma geral, segue a mesma rota ao realizar uma investigação, isto é, existe uma escolha de um assunto ou problema, uma coleta e a posterior análise das informações.

Para BERTO & NAKANO (2000) as pesquisas qualitativas buscam aproximar a teoria e os fatos, através da descrição e interpretação de eventos isolados ou únicos.

### **1.3.2 Procedimentos de pesquisa**

BRYMAN (1989) define o procedimento de pesquisa como sendo o projeto e a orientação geral da investigação, fornecendo uma estrutura dentro da qual os dados são coletados e analisados.

BERTO & NAKANO (1998,2000) dividem os métodos de procedimento de pesquisa mais utilizados dentro da Engenharia de Produção como sendo:

- Teórico conceitual;
- Experimental;
- Pesquisa de avaliação;
- Estudo de caso;
- Pesquisa-ação.

Para a nossa dissertação, trabalharemos com o conceito da pesquisa teórico-conceitual que segundo BERTO & NAKANO (2000) é produto de reflexões a partir de um fenômeno observado ou relatado pela literatura, compilação de idéias e opiniões de diferentes autores ou ainda simulação e modelagem teórica. A revisão bibliográfica realizada nos capítulos 2 e 3 se encaixam neste tipo de procedimento.

Segundo TRIVIÑOS (1990) o estudo de caso é uma categoria de pesquisa cujo objeto é uma *unidade* que se analisa profundamente. EISENHARDT (1989) cita que o estudo de caso pode cumprir diversos objetivos:

1º fornecer a descrição de um tema.

2º testar a teoria

3º gerar a teoria

YIN (1990) cita três limitações e fraquezas associadas ao estudo de caso:

- falta de rigor do método, o que muitas vezes pode permitir que evidências falsas ou visões tendenciosas influenciem a direção do estudo e das conclusões.

- fornecem pouca base para a generalização, ou seja, consegue captar detalhes e ir a fundo em um caso específico.

- é um método que toma bastante tempo e resulta em uma quantidade grande de documentos.

No desenvolvimento da dissertação o estudo de caso enfocará as etapas 1 e 2, ou seja, procurará fornecer a descrição do tema a ser estudado e testar a teoria através de uma aplicação prática visando avaliar a quarta abordagem da produção enxuta .

#### **1.4 Estrutura da Dissertação**

A presente dissertação de mestrado contém seis capítulos, a saber:

No capítulo 1 é apresentada a motivação para o trabalho, a importância do tema, os objetivos gerais e específicos do trabalho. Além disso também é mostrada neste capítulo a metodologia científica utilizada ao longo do texto.

No capítulo 2 é apresentado um referencial teórico sobre a produção enxuta: suas origens, suas três principais abordagens encontradas atualmente na literatura, bem como alguns trabalhos e autores que representam estas abordagens. Também neste capítulo é realizada uma análise da abrangência destas três abordagens em relação a três níveis empresariais: o chão de fábrica, a empresa e a cadeia de suprimentos como um todo.

No capítulo 3 é apresentada uma quarta abordagem da produção enxuta, direcionada ao chão de fábrica, proposta em FERNANDES *et al* (2003), abordagem esta que será utilizada no estudo de caso do capítulo 5.

No capítulo 4 é desenvolvida uma metodologia que propõe a aplicação de indicadores de desempenho relativos à produção enxuta para avaliação de um sistema enxuto de produção.

No capítulo 5 é desenvolvido um estudo de caso na empresa onde são implantados os princípios desta nova abordagem da Produção Enxuta. Também neste capítulo é realizada uma avaliação desta abordagem com relação a alguns indicadores da Produção Enxuta por meio da utilização da metodologia proposta no capítulo anterior.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho, focando a verificação das hipóteses iniciais do trabalho bem como a avaliação dos objetivos propostos. Neste capítulo também são propostos temas para futuras pesquisas na área.

## **2 AS ABORDAGENS PARA A PRODUÇÃO ENXUTA**

Este capítulo tem a intenção de apresentar a produção enxuta (*lean production*), que também pode ser conhecida como Sistema Toyota de Produção. A intenção inicial ao fazer este levantamento bibliográfico é tentar contemplar os dois objetivos de produção relacionados à dissertação com relação às abordagens de Controle de Produção e Controle de Qualidade: a produtividade (relacionado às variáveis tempo e custo) e a qualidade (relacionado à variável qualidade).

Este capítulo foi organizado da seguinte maneira: a seção 2.1 trata do surgimento da produção enxuta. A seção 2.2 apresenta a abordagem que GODINHO FILHO & FERNANDES (2002) consideram como sendo a primeira abordagem da produção enxuta. A seção 2.3 faz uma exposição da segunda vertente do pensamento enxuto, representada por MONDEN (1984), que tenta explicitar em seu livro, como a estrutura do Sistema Toyota de Produção se apresenta. A seção 2.4 apresenta a terceira vertente do pensamento enxuto, que de acordo com os seus autores, apesar de entenderem a importância do mapeamento do fluxo de valor, entendem que a obtenção da melhoria constante e do zero defeito é crucial para a produção enxuta.

Na última parte deste capítulo (seção 2.5) é realizada uma análise geral da produção enxuta e demonstrada a abrangência das suas três abordagens com relação ao chão-de-fábrica, a empresa e a cadeia de suprimentos como um todo, ilustrando através de uma figura como as vertentes se inter-relacionam. Além disso, será demonstrado qual o grau de foco em relação aos três níveis empresariais citados acima em relação a cada uma das abordagens apresentadas.

O objetivo final deste capítulo seria então testar a hipótese dois da dissertação, ou seja, verificar como as diferentes correntes de pensamento enxuto abrangem os vários níveis empresariais (chão-de-fábrica, empresa e cadeia de suprimentos). Este capítulo servirá também para embasar as futuras considerações a respeito da quarta vertente do pensamento enxuto (capítulo 3) proposta por FERNANDES *et al* (2003), com relação à abrangência de sua abordagem, sugerindo que esta também seja estendida à empresa e a toda a cadeia de suprimentos.

## **2.1 Origens e Definições da Produção Enxuta**

ENGSTROM (1996) afirma que na tradicional linha de montagem o ritmo do trabalho é ditado pelo movimento da linha e este movimento controla o ritmo de trabalho individual, que é fragmentado em ciclos repetitivos curtos, seguindo o princípio da divisão do trabalho proposto por Taylor (cada indivíduo é responsável por apenas uma tarefa). Esta condição de trabalho faz com que o senso de responsabilidade pela qualidade do produto por parte do funcionário seja prejudicado. Além disso, os sistemas de produção em massa são reconhecidamente inflexíveis, diminuindo assim a capacidade de se reagir imediatamente às necessidades de variedade de produtos dos consumidores. Mesmo assim, o conceito da linha de montagem ainda permanece predominante na indústria automotiva.

PANIZZOLO (1998) afirma que provavelmente com o advento do movimento científico encabeçado por Frederick W. Taylor por volta da virada do século passado é que o campo do gerenciamento da produção e das operações se abriu. Um pouco mais à frente, Henry Ford desenvolveu um método de produção inteiramente inovador, baixando o ciclo de trabalho médio do montador de 514 para 2,3 minutos. Ele conseguiu isto, migrando do conceito da produção artesanal, que operava com organizações descentralizadas, volume de produção muito baixo e emprego de máquinas universais para o conceito da produção em massa, que tinha como base a completa intercambialidade e a facilidade de ajuste entre as peças. Quando Henry Ford pôde oferecer um automóvel de baixo custo, facilidade de manutenção e ser montado na escala de milhares, o poder da produção em massa pôde ser demonstrado a todo o mundo industrial. Com o advento da Segunda Guerra Mundial a produção em massa se difundiu e ao final dos anos 50, outras montadoras já produziam em uma escala comparável à Ford.

Com o passar dos anos, a indústria automobilística vem desenvolvendo constantes esforços no sentido de desenvolver a linha de montagem e são poucas as realizações no sentido de desenvolver novos métodos e alternativas à linha de montagem. A produção em massa possui uma série de vantagens em relação à diminuição de custo e aumento de produtividade, mas não contempla plenamente a qualidade e a variedade dos produtos. Além disso, os trabalhadores não são motivados a dar sugestões quanto ao trabalho que realizam.



Segundo WOMACK *et al.*(1998) a produção enxuta pode ser considerada um contraponto à produção em massa, pois dá ênfase na participação do trabalhador buscando a melhoria sucessiva no sistema de produção tradicional, possuindo uma organização de trabalho altamente formalizada e padronizada, desenhada para apoiar a aprendizagem e a inovação.

A produção enxuta é o resultado do esforço Japonês pós-guerra no desenvolvimento dos sistemas de produção na indústria automobilística. Esta linha de desenvolvimento nos traz de volta à Toyota nos anos 50, onde Eiji Toyoda e Taiichi Ohno perceberam que a produção em massa tradicional dificilmente conseguiria ser implementada no Japão. Naquela época a economia do Japão se encontrava esfacelada pela guerra. Os trabalhadores Japoneses não eram propensos a serem tratados como custo variável e a serem facilmente repostos na linha de montagem (alta rotatividade e absenteísmo eram inerentes ao sistema de produção em massa). Dessa necessidade de adequação da produção em massa às condições sócio-econômicas reinantes no Japão naquele período é que nasceu o Sistema Toyota de Produção (Produção Enxuta).

Podemos notar, entretanto, que a produção enxuta foi originada através de uma tentativa de desenvolver a tradicional produção em massa praticada nos EUA, sendo que a produção enxuta ainda possui características básicas da produção em massa tradicional: linha de montagem tradicional, pequenos ciclos de trabalho, métodos de trabalho padronizados e princípios hierárquicos de organização.

‘Produção enxuta’ é descrita como sendo diferente da produção em massa porque usa menos recursos “... *metade do esforço humano na fábrica, metade do espaço para produção, metade do investimento em ferramentas, metade do esforço de engenharia para desenvolver um produto em metade do tempo. Também, requer menos inventário nos locais de produção, resultando em menos defeitos e produzindo uma variedade crescente de produtos*” (WOMACK *et al.*, 1992). A implementação da Produção Enxuta requer esforços no sentido de se reduzir o desperdício, seja em materiais, trabalho ou capacidade do processo.

Para KATAYAMA & BENNET (1999) quando uma empresa pensa em adotar a filosofia enxuta, o objetivo principal deve ser a adoção de uma estratégia que permita reduzir os custos e ganhar participação no mercado. Segundo eles, para que

estes objetivos sejam atingidos, uma ampla linha de produtos deve ser oferecida aos clientes com tempos de entrega curtos e preços cada vez mais competitivos.

Além disso, a produção enxuta deve se pautar por uma sistemática de suprimentos que mantenha os estoques reduzidos em todas as fases do processo produtivo. Para isto deve ser estabelecida uma relação de *just-in-time* externo junto ao fornecedor com contratos de altos volumes e longo prazo. Ohno se preocupou muito neste sentido, buscando o diálogo com todos os fornecedores e incluindo-os como participantes no projeto do produto.

ALFORD *et al.* (2000) citam que cada vez mais os fabricantes de automóveis estão procurando o que ele chama de “customização em massa”, motivados pelo fato de que os consumidores estão interessados no produto que eles próprios desejam. Isso demanda um esforço considerável por parte das empresas, que se desdobram para atingir uma variedade enorme de produtos.

A produção enxuta começou se difundir para outras empresas ao redor do mundo a partir da década de 80. A partir da década de 50, a produção de automóveis japoneses passou a contar com uma importante fatia do mercado de automóveis das empresas americanas e européias (WOMACK *et al.*, 1992).

## **2.2 A Primeira Abordagem da Produção Enxuta**

A primeira abordagem da produção enxuta é representada por autores como James P. Womack, Daniel T. Jones, Mike Rother e John Shook. Como foi dito anteriormente, estes autores entendem que a principal ferramenta para se atingir a produção enxuta é a análise e o mapeamento de todo o fluxo de valor.

Para WOMACK & JONES (1998) o pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor seqüência as ações que criam valor, realizar estas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz. Para eles, o pensamento enxuto é enxuto porque faz cada vez mais com menos – menos esforço humano, menos equipamentos, menos tempo e menos espaço – aproximando o consumidor final do que eles realmente desejam.

De acordo com eles, o pensamento enxuto está calcado na eliminação de um termo japonês chamado *muda*, que significa desperdício, e que pode ser resumido como qualquer atividade que absorve recursos, mas não cria *valor*. Exemplos de *muda*

podem ser o acúmulo de mercadorias no estoque, movimentação desnecessária de materiais, erros que necessitam ser reparados.

Para WOMACK & JONES (1998) o pensamento enxuto não tem a intenção de promover uma “reengenharia de processos” através da eliminação de postos de trabalho, mas sim de tornar o trabalho mais interessante e satisfatório, oferecendo *feedback* imediato sobre os esforços para transformar o desperdício em valor.

A seguir é apresentado os cinco princípios da primeira vertente do pensamento enxuto proposta por WOMACK & JONES (1998). São eles:

### **1) Especifique o valor**

O cliente final é o responsável pela definição do valor, que deve ser considerado como o ponto inicial para a adoção do pensamento enxuto. A especificação do valor deve ser definida sempre considerando o ponto de vista do cliente, levando em consideração a definição precisa do valor em termos de produtos específicos com características e preços específicos desenvolvidos através da troca constante de informações com os clientes. Para que seja possível atingir esta definição precisa de valor, devemos visualizar uma organização onde os ativos e as tecnologias estão estruturados de uma forma tal, que permita a fabricação de uma linha de produtos através da adoção de equipes totalmente dedicadas à sua fabricação.

### **2) A cadeia de valor**

Após a definição do valor através da ótica do cliente, o próximo passo é a identificação de todas as ações que constituem a cadeia de valor, ou seja, o mapeamento completo de todas as atividades partindo do desenvolvimento do produto, passando pela engenharia até o seu posterior lançamento (tarefa da solução de problemas), do recebimento do pedido até a entrega (tarefa do gerenciamento da informação), e da matéria-prima ao produto acabado nas mãos do cliente (tarefa da transformação física).

Quando realizamos a análise de toda a cadeia de valor, podemos notar que muitas etapas criam valor, outras não criam nenhum valor, mas só deixarão de ocorrer a menos que incorporemos ativos ou tecnologias mais avançados e descobre-se que muitas etapas não criam valor e devem ser evitadas imediatamente. Enfim, a implantação da mentalidade enxuta deve ir além das fronteiras da empresa, buscando

atingir toda a cadeia de suprimentos e criando um canal para a cadeia de valor como um todo.

No final deste capítulo, faremos uma análise aonde posicionaremos a produção enxuta com relação ao seu nível de abordagem e grau de foco em relação ao chão-de-fábrica, empresa e cadeia de suprimentos.

### **3) Fluxo**

Após o mapeamento de toda cadeia de valor, eliminando todas as etapas que geram desperdício, devemos partir para a fase em que se consiga fazer com que o valor flua. A primeira etapa para que o fluxo de valor ocorra é focalizar o produto e acompanhá-lo do início ao fim de todo o processo. A segunda etapa é eliminar todos os obstáculos ao fluxo contínuo do produto e a terceira etapa é repensar todas as ferramentas e práticas utilizadas a fim de eliminar qualquer retrofluxo. Todas estas etapas devem ser realizadas simultaneamente.

### **4) Produção puxada**

A definição de produção puxada pode ser exemplificada de maneira que um processo inicial não deve produzir um bem ou serviço sem que o cliente de um processo posterior o solicite, ou seja, fabricar exatamente o que o cliente quer quando o cliente quer.

Quando se converte os departamentos e lotes de produção em equipes de produção e fluxo, o tempo necessário cai consideravelmente em todas as três tarefas gerenciais críticas explicitadas anteriormente (tarefa da solução de problemas, gerenciamento da informação e transformação física) enquanto as demandas dos clientes se tornam muito mais estáveis.

### **5) Perfeição**

Depois que os princípios acima forem implementados e incorporados à realidade da organização, uma interação muito forte entre eles começará a ocorrer. À medida em que a produção puxada for adotada, mais os obstáculos ao fluxo se revelarão, permitindo que sejam eliminados. A redução de esforço, tempo e custo é um

processo que não tem fim, e aproxima o produto ainda mais do que o cliente realmente quer.

Em um sistema enxuto, a transparência se constitui em um importante estímulo à perfeição, pois assim todos os elementos envolvidos (clientes, funcionários, distribuidores, fornecedores, etc) possa ter uma visão do todo, descobrindo melhores formas de agregar valor.

GODINHO FILHO & FERNANDES (2002) salientam que para que se inicie o processo de transformação de uma empresa tradicional em uma empresa enxuta é necessária uma superação da inércia, uma quebra de paradigmas, geralmente muito difícil, porém essencial à transformação. Eles também chamam a atenção para que se verificarmos estes cinco princípios em nível de chão-de-fábrica, veremos que esta vertente da produção enxuta se preocupa bastante com as variáveis da manufatura tempo e custo, pois prega o trabalho em fluxo (leva à redução de estoques intermediários e do *lead time*), e a produção puxada (também traz economias no tocante a estoques).

Segundo WOMACK & JONES (1998) as etapas necessárias para a transformação de uma empresa tradicional em uma empresa enxuta podem ser divididas em quatro fases: início do processo, criação de uma nova organização, instalação de sistemas de negócios e finalização da transformação; estas quatro fases podem durar aproximadamente cinco anos.

A tabela 2.1 resume o prazo de cada atividade necessária para a transformação. Conforme BAMBER & DALE (2000) relatam em seu estudo sobre a aplicação dos métodos da manufatura enxuta a uma empresa aeroespacial tradicional, os gerentes e os operários acharam que a transição é extremamente difícil de se conduzir. Para maiores informações a respeito de um exemplo da aplicabilidade da produção enxuta é fundamental a leitura deste artigo.

TABELA 2.1: Prazo para o salto para o pensamento enxuto.

Fonte: WOMACK & JONES (1998).

Fase	Etapas Específicas	Prazo
Inicie o processo	Encontre um agente de mudanças Conheça as técnicas do pensamento enxuto Encontre uma alavancagem Mapeie as cadeias de valor Inicie o <i>kaikaku</i> Expanda seu escopo	Seis meses iniciais
Crie uma nova organização	Reorganize-se por famílias de produtos Crie uma função enxuta Desenvolva uma política para o excesso de pessoal Desenvolva uma estratégia de crescimento Elimine os obstáculos Instile a mentalidade da “perfeição”	Seis meses até o ano dois
Instale sistema de negócios	Introduza a contabilidade enxuta  Implemente a transparência Inicie o desdobramento da política Introduza o aprendizado do pensamento enxuto Encontre ferramentas do tamanho certo	Anos três e quatro
Termine a transformação	Aplique essas etapas a seus fornecedores/clientes Desenvolva uma estratégia global Transição da melhoria de cima para baixo para melhoria de baixo para cima	Final do ano cinco

Devido à importância do mapeamento do fluxo de valor para esta primeira vertente do pensamento enxuto é apresentada uma metodologia de mapeamento de fluxo de valor, proposta por ROTHER & SHOOK (1998). Pode-se notar que o mapeamento do fluxo de valor engloba os cinco princípios da produção enxuta demonstrado anteriormente, através da proposição de WOMACK & JONES (1998).

Um fluxo de valor é toda ação (agregando valor ou não) necessária para

fazer passar um produto por todos os fluxos essenciais de cada produto. Considerar a perspectiva do fluxo de valor significa considerar o sistema todo, não só os processos individuais, melhorando o todo e não só as partes.

Para ROTHER & SHOOK (1998), mapear o fluxo de valor de um produto: “... é seguir a trilha da produção de um produto, desde o consumidor até o fornecedor, e cuidadosamente desenhar uma representação visual de cada processo no fluxo de material e informação. Então, formula-se um conjunto de questões chave e desenha-se um mapa do “estado futuro” de como o processo deveria fluir. Fazer isso repetidas vezes é o caminho mais simples para que se possa enxergar o valor, e especialmente, as fontes do desperdício.”

Estes autores defendem o mapeamento do fluxo de valor pelos seguintes motivos:

- Ajuda a visualizar mais do que os processos individuais. Pode-se enxergar o fluxo.
- Ajuda a identificar onde os desperdícios ocorrem dentro do fluxo de valor.
- Fornece uma linguagem comum para tratar dos processos de manufatura.
- Forma a base de um plano de implementação. Os mapas do fluxo de valor tornam-se referência para a implementação enxuta.
- Mostra a relação entre o fluxo de informação e o fluxo de material.

Segundo os autores, normalmente nos vem à mente que o fluxo de produção é representado pela movimentação de material dentro da fábrica. Mas devemos atentar para o fato que existe outro fluxo – o de informação – que nos diz o que fabricar ou fazer em seguida, e este também deve ser mapeado.

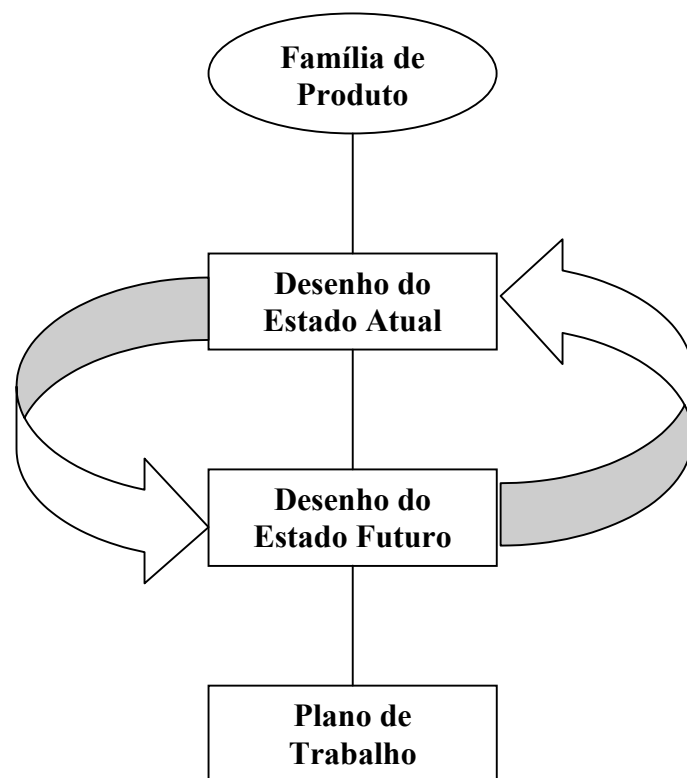
Sendo assim, o primeiro passo é dividir os processos de acordo com famílias de produtos. Deve-se identificar uma família de produtos a partir do lado do consumidor no fluxo de valor, baseado em produtos que passam por etapas semelhantes de processamento e utilizam equipamentos comuns nos seus processos.

Após isso se deve desenhar o estado atual, o que é feito a partir da coleta de informações no chão-de-fábrica e em toda a cadeia de valor. Nota-se na figura que as

setas entre o estado atual e futuro vão em ambos os sentidos, indicando que o desenvolvimento do estado atual e futuro são esforços superpostos, isto é, as idéias sobre o estado futuro virão à tona enquanto se mapeia o estado atual.

Do mesmo modo, desenhar o estado futuro mostrará freqüentemente importantes informações sobre o estado atual que não se havia percebido.

O passo final é preparar e começar ativamente usando um plano de implantação que descreva, em uma página, como se planeja a transição do estado atual para o estado futuro. As etapas de mapeamento do fluxo de valor são mostradas na figura 2.1.



Fonte: ROTHER & SHOOK (1998)

FIGURA 2.1: Etapas do mapeamento do fluxo de valor.

Assim que o estado futuro tornar-se realidade, o processo de mapeamento se repete, pois sempre se necessita de um estado futuro, que nada mais é que a melhoria contínua (atingir a perfeição) no nível do fluxo de valor.



Além dos autores citados (WOMACK & JONES, 1998 e ROTHER & SHOOK, 1998) como sendo as principais referências dentro desta primeira abordagem da produção enxuta, diversos outros autores focam o seus trabalhos sobre produção enxuta nos mesmos princípios destes quatro autores, ou seja, o foco está na determinação do valor para o cliente, na manutenção do fluxo deste valor. Dentre estes trabalhos temos:

HINES *et al* (1998) trabalha com a análise do fluxo de valor, criando uma nova ferramenta, o gerenciamento do fluxo de valor, comparando esta metodologia com a metodologia de mapeamento do fluxo de valor. STORCH & LIM (1999) também focam seu trabalho no fluxo de valor, concentrando seu trabalho na indústria naval. ALVAREZ & ANTUNES Jr (2001) também se concentram no fluxo de valor, trabalhando com o conceito do *takt time*. Para estes autores, o *takt time* pode ser definido como o ritmo de produção necessário para atender a um determinado nível considerado de demanda, dadas as restrições de capacidade da linha ou célula. Este assunto será tratado em maior profundidade no próximo capítulo.

Diante do que foi explicitado acima podemos dizer que tais trabalhos também podem ser incluídos dentro da primeira abordagem da produção enxuta.

### **2.3 A Segunda Abordagem da Produção Enxuta**

MONDEN (1984) afirma que o inventor e grande promotor do Sistema Toyota de Produção foi Taiichi Ohno, antigo vice-presidente da Toyota Motor Corporation. Entretanto, ele ressalta que para o desenvolvimento e promoção do Sistema Toyota de Produção, o suporte da alta gerência, os esforços dos subordinados de Taiichi Ohno e as idéias de todos os operadores da empresa também devem ser reconhecidas.

OHNO (1996) afirma em seu livro que o Sistema Toyota de Produção vem sendo adotado por muitas companhias japonesas devido à crise do petróleo que se instalou em todo o mundo a partir de 1973, onde as empresas passaram a repensar todo o seu processo de fabricação com o intuito de reduzir os seus custos. O Sistema Toyota de Produção tem o enfoque principal na redução de custos através da eliminação sistemática de qualquer elemento que seja desnecessário na produção,

mas traz benefícios tanto no sentido de se aumentar o giro de capital (receita/despesas), quanto na melhoria da produtividade como um todo.

A principal diretriz contida no Sistema Toyota de Produção está na produção das unidades necessárias, na quantidade necessária e no tempo necessário, eliminando os estoques intermediários e de produtos acabados. Para que este objetivo principal seja atingido, que seria a redução de custos, devemos antes alcançar três outros sub-objetivos, que incluem:

1 – O Controle da Quantidade, que se trata da implementação de um sistema que permita a adaptação às variações da demanda, em relação às quantidades e tipos de produtos.

2 – A Qualidade Assegurada, que faz com que o processo precedente sempre alimente o subsequente com unidades boas e sem defeitos.

3 – O Respeito à Condição Humana, que busca a valorização do capital humano como meio para se atingir o objetivo da redução de custos.

Vale ressaltar que todos os sub-objetivos interagem e não podem existir independentemente e que o sistema não será alcançado enquanto todas as metas não forem realizadas conjuntamente.

A figura 2.2 permite uma visão sobre como o Sistema Toyota de Produção é composto, mostrando as entradas e saídas do sistema. Dois conceitos chave merecem ser explicitados: O "*Just-in-time*", que significa produzir as unidades necessárias, no tempo necessário e nas quantidades necessárias e a "*Autonomia*", que pode ser interpretada como o controle autônomo de defeitos e que faz com que unidades defeituosas de um processo precedente nunca atinja um processo subsequente. Estes dois conceitos são apoiados pela *flexibilidade da mão-de-obra* e pelo estímulo ao *pensamento criativo*.

Para que estes conceitos sejam possíveis de serem realizados, o Sistema Toyota de Produção é desenvolvido sobre os seguintes métodos:

1 - Sistema *Kanban* para apoiar o *Just-in-time*.

2 – Métodos de Produção compatíveis com a variação de demanda que pode vir a ocorrer no sistema.

3 – Diminuição no tempo de *setup* (preparação de máquinas) buscando um aumento da produtividade.

4 – Balanceamento das linhas através da padronização das operações.

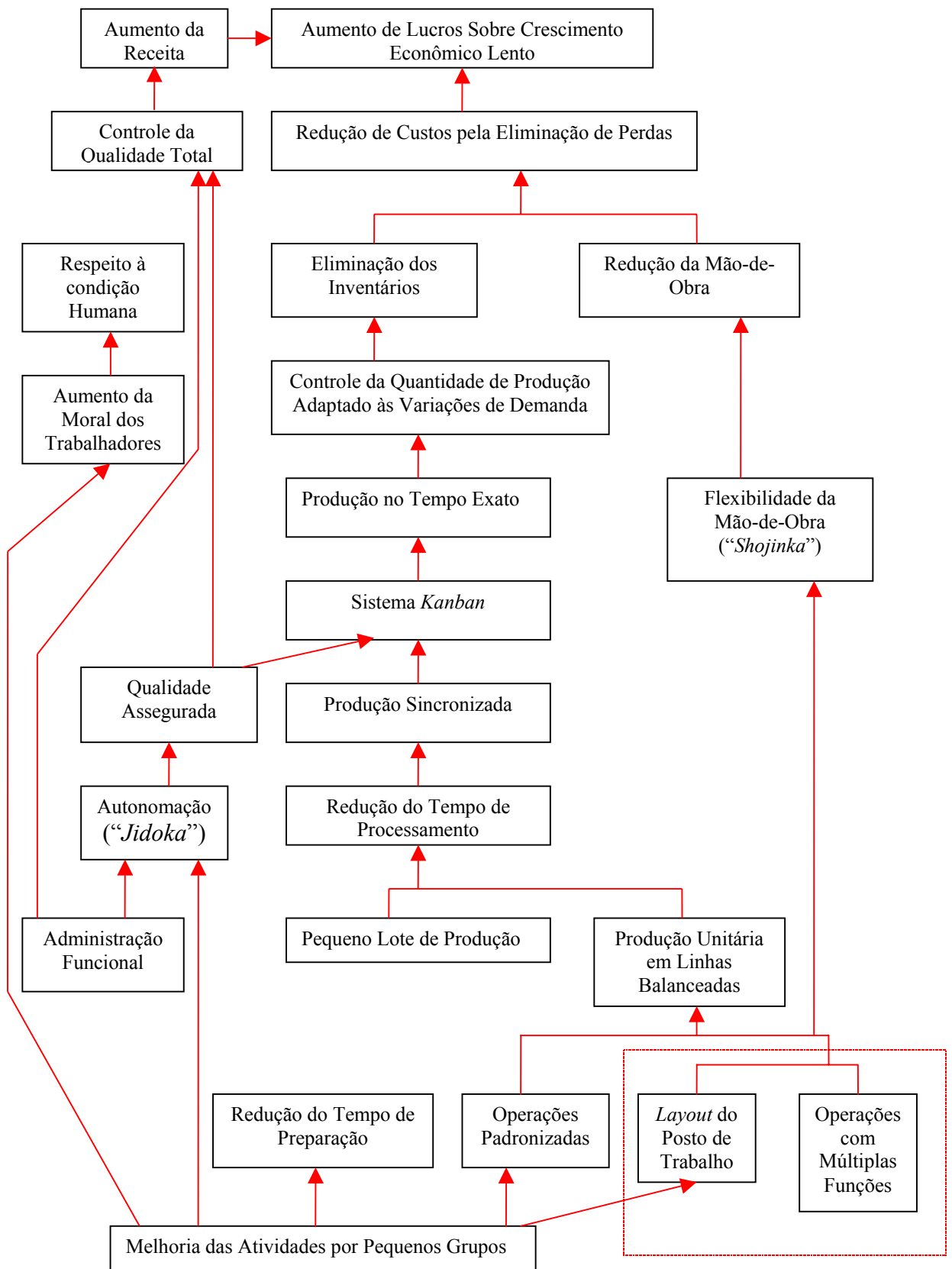
5 - Flexibilidade da mão-de-obra.

6 – Sistema de melhoria nos processos baseado nas sugestões dos operários, aumentando o comprometimento e a auto-estima dos funcionários.

7 – Controle visual, visando a implementação da Autonomia.

8 – Implantação de um sistema de Administração por funções, para promover em toda a empresa o controle de qualidade.

A seguir, será explicitado alguns conceitos definidos por MONDEN (1984) buscando visualizar como estes elementos interagem dentro do Sistema Toyota de Produção (Figura 2.2).



Fonte: MONDEN (1984).

FIGURA 2.2 –Melhorias do Sistema de Produção da Toyota.

### 1) Produção *just-in-time*

A abordagem principal para se explicar o termo *just-in-time* pode ser entendida como a produção das unidades necessárias em quantidades necessárias e no tempo necessário. Significa que tudo o que for produzido deve ser utilizado no momento seguinte, eliminando inventários e tornando áreas de estocagem de materiais em processo ou acabados em setores desnecessários, reduzindo assim os custos de materiais mantidos em estoques, diminuindo o risco de obsolescência de componentes e produtos finais e aumentando a rotatividade do capital de giro.

Segundo MONDEN (1984), para que isso aconteça é necessário que se visualize todo o fluxo de produção de trás para a frente, fazendo com que o pessoal de um processo subsequente, vá até um processo precedente e retire as unidades nas quantidades necessárias e no tempo necessário. Sendo assim, o processo precedente só produz a unidades retiradas. Todo o sistema é baseado no *Kanban* que faz a interligação dos processos da fábrica uns aos outros. No Sistema Toyota de Produção, o sistema *Kanban* é baseado no seguinte:

- Produção Nivelada
- Redução no tempo de preparação
- *Layout* das máquinas
- Padronização dos trabalhos
- Aperfeiçoamento das atividades
- Automação

### 2) Sistema *Kanban*

MONDEN (1984) define o sistema *Kanban* como um sistema de informação que tem como meta principal o controle das quantidades de produção em todo o processo. Segundo ele, o Sistema Toyota de Produção é um meio para fazer produtos enquanto que o *Kanban* é um meio para administrar o método de produção *just-in-time*. Ele ressalta ainda que a menos que os objetivos desse sistema sejam implantados perfeitamente, (tais como o projeto dos processos, padronização das operações, balanceamento das linhas, etc) será muito difícil a implantação do conceito de *just-in-time*, mesmo que a introdução do *Kanban* ocorra na empresa.

Como regra geral, temos a utilização de dois tipos de *Kanban*: O *Kanban de Requisição* e o *Kanban de Ordem de Produção*. Os cartões circulam dentro da fábrica, informando quantas unidades o processo subsequente deve retirar, para o caso do *Kanban de Requisição*, ou quantas unidades o processo precedente deve produzir, no caso do *Kanban de Ordem de Produção*. Sendo assim, o *Kanban* consegue informar quantas unidades foram retiradas e quantas devem ser produzidas naquele determinado instante, obtendo a produção *just-in-time*.

### 3) Produção sincronizada

MONDEN (1984) afirma que o Sistema Toyota de Produção prevê que os riscos de necessidades extras de produção são inerentes a qualquer sistema produtivo. Para isso o sistema utiliza-se de horas extras e pelas atividades em cada processo, buscando a otimização entre os recursos necessários para a fabricação (mão-de-obra, máquinas) e a demanda que se apresenta.

### 4) Regulagem da produção

A idéia principal por trás do *Kanban* é a Regulagem da Produção ou Produção Nivelada. A Produção Nivelada minimiza a variação na quantidade de cada peça produzida em cada submontagem, permitindo que as submontagens produzam cada peça em velocidade constante ou em quantidade fixa por hora. O objetivo principal é criar um meio para que o processo precedente prepare os inventários, equipamentos e mão-de-obra que forem necessários para absorver as flutuações de demanda do processo subsequente.

### 5) Problemas de preparação de máquinas

Um dos maiores problemas enfrentados para a implementação da produção nivelada é o problema na preparação de máquinas. Para isso, a busca de soluções para a preparação rápida deve ser um ponto crucial, através do arranjo de ferramentas e pré-montagens próximas aos locais de fabricação, a fim de minimizar o tempo necessário para que as máquinas comecem a fabricar outro tipo de peça.

## 6) Projeto de processos

O projeto dos processos deve prever que um operário trabalhe em um sistema chamado de *multiprocesso*, aonde cada operário é capaz de executar várias funções dentro de um *layout* multifuncional, fazendo com ele se torne um operário de *funções múltiplas*. Segundo MONDEN (1984) o rearranjo leva aos seguintes benefícios:

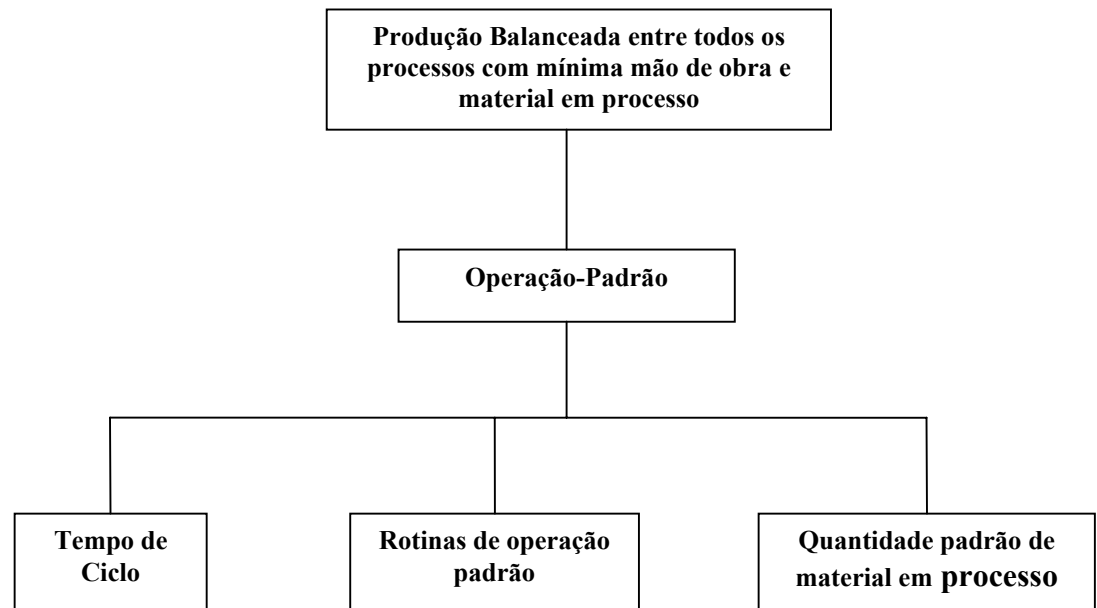
- Estoques desnecessários entre cada processo podem ser eliminados.
- Diminuindo o número de operários através do conceito de operário de múltiplos processos aumenta-se a produtividade.
- Melhora do estado de espírito do funcionário com relação ao seu trabalho, pois eles compartilham todo os sistemas da fábrica.
- Os operários se ajudam mutuamente por conhecer os vários processos.

## 7) Padronização dos trabalhos

A padronização dos trabalhos é um forte componente que contribui para se alcançar o objetivo primário do Sistema Toyota de Produção que é a redução de custos. Para isto três objetivos devem ser alcançados: O primeiro é a obtenção da padronização das operações através do trabalho dedicado, aonde uma “*folha de operações-padrão*” elimina qualquer tipo de movimento desnecessário para se efetuar uma operação. O segundo é conseguir o balanceamento da linha entre todos os processos em termos de tempo de produção. O terceiro é a incorporação ao processo de uma quantidade mínima de material em processo a ser manipulada pelos funcionários, que contribui para a eliminação de material em processo.

Para conseguir os três objetivos, as operações padronizadas são constituídas conforme figura 2.3.

MONDEN (1984) salienta que a ocorrência de acidentes e a produção de defeitos devem ser eliminadas. Sendo assim também devem ser padronizadas as rotinas de verificação da segurança e da qualidade dos produtos.



Fonte: MONDEN (1984).

FIGURA 2.3 – Elementos de operação-padrão.

#### 8) Automação

A automação pode ser entendida como o controle autônomo de irregularidades no processo. O controle autônomo é um mecanismo no qual um dispositivo de parada automática é liberado. Se alguma anormalidade é encontrada em uma linha de produção, o operário que encontrou a falha é capaz de parar toda a linha, utilizando-se de painéis luminosos (*Andons*) que ficam suspensos e podem ser visualizados por todos os funcionários das linhas. A automação é um sistema que realiza o controle dos problemas que venham a prejudicar o andamento normal de toda a linha de produção.

#### 9) Melhoria de atividades

Através dos *Círculos de Controle de Qualidade* os operários colaboram com sugestões, participando do processo de produção. Isto permite melhorias nos processos de controle da quantidade, pela adaptação de rotina de operações padronizadas para mudanças no ciclo de tempo, na qualidade assegurada,



pela não repetição de materiais e processos defeituosos. Enfim, a melhoria das atividades é um elemento fundamental do Sistema Toyota de Produção.

Além de MONDEN (1984), o principal autor desta abordagem, outros autores focam os mesmos princípios desta segunda abordagem, principalmente *just-in-time* e o controle autônomo de defeitos tendo, portanto, uma grande influência de MONDEN (1984) em seus trabalhos. Exemplos: LANG & HUGGE (1995) tratam dos princípios do *just-in-time* dentro da indústria aeronáutica; BILLESBACH (1994) aplica os princípios do *just-in-time* e do controle de qualidade para o aumento da competitividade em uma indústria de manufatura

#### **2.4 A Terceira Abordagem da Produção Enxuta**

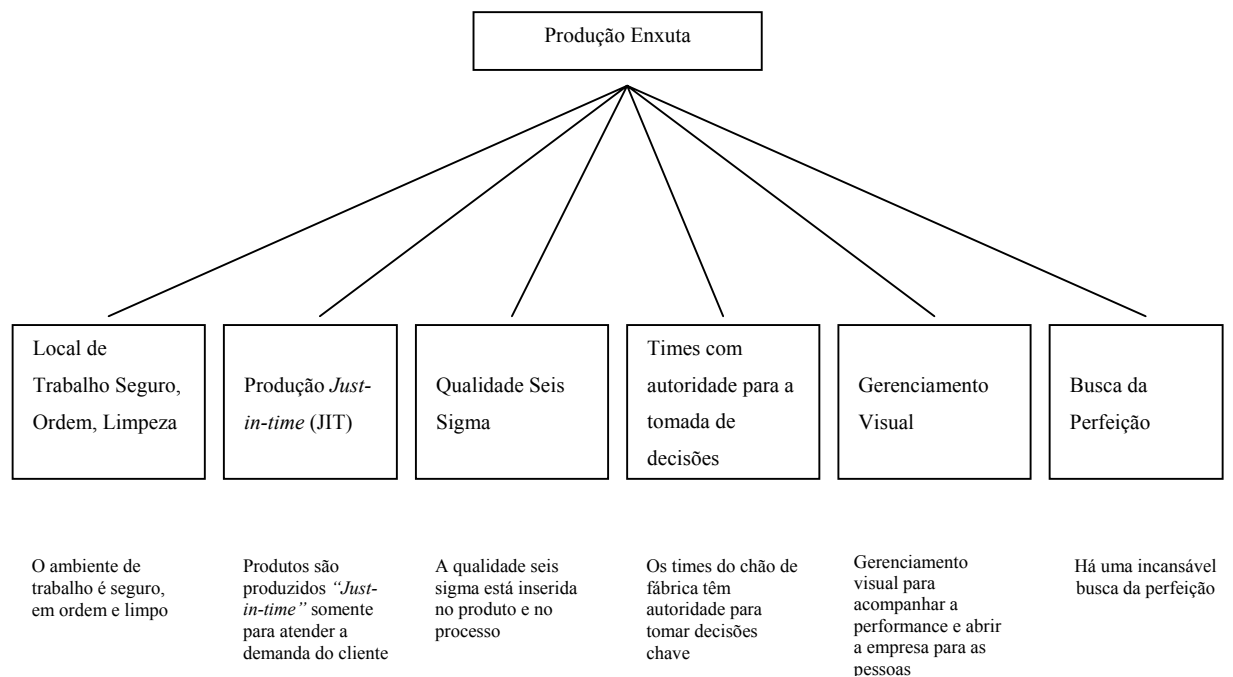
Seguindo a proposta de apresentar todas as abordagens do pensamento enxuto identificados por GODINHO FILHO & FERNANDES (2002), apresenta-se a descrição da terceira vertente do pensamento enxuto, a qual se baseia em um livro chamado “*Lean Transformation – How to change your Business into a Lean Enterprise*”, escrito por Bruce A. Henderson e Jorge L.Larco e publicado no ano de 2000.

Segundo os autores, a produção enxuta pode ser considerada a melhor arma para se desenvolver uma estratégia que busca atingir melhorias nos níveis de qualidade, produtividade, prazos de entrega e melhor utilização de todos os recursos. Além disso, salientam que o espaço utilizado pode ser reduzido em 50%. Finalmente, dizem que a produção enxuta permite dar aos clientes o que eles querem, quando eles necessitam, enquanto se cortam custos e diminuem-se as taxas de defeitos.

HENDERSON & LARCO (2000) consideram que para se atingir os objetivos descritos acima deve-se empreender um esforço para que tenhamos um fluxo de produção contínuo baseado na demanda criada pela necessidade dos clientes, além de eliminar e identificar sistematicamente todo desperdício. Deve-se também estender os conceitos da produção enxuta para todas as áreas da empresa, com o objetivo de reduzir os *lead times* de desenvolvimento de novos produtos. Conseqüentemente, desenvolve-se um relacionamento com os fornecedores e os clientes, fazendo com que o fluxo seja

durante todo o processo, do início até o fim da produção e da cadeia de suprimentos. E finalmente, nunca diminuir o esforço em se atingir estes objetivos.

Para chegar a estes objetivos e transformar toda a empresa em uma organização enxuta, os autores identificam seis princípios que serão descritos a seguir e que podem ser melhor visualizados pela figura 2.4.



Fonte: HENDERSON & LARCO (2000).

FIGURA 2.4: Os seis princípios da produção enxuta.

### 1) Segurança, limpeza, ordem

O objetivo da produção enxuta é que a área de trabalho ou o chão-de-fábrica seja extremamente limpo, seguro e organizado. Para os autores, este princípio é tão importante e tão fundamental, que encabeça a lista de princípios.

Um ambiente de produção enxuto é aquele em que cada peça de equipamento, cada ferramenta, cada compartimento de estocagem ou transporte tenha o seu próprio lugar e seja indicado por algum tipo de identificação. Todos os riscos potenciais devem ser eliminados para se criar um ambiente que excede todas as normas reguladoras a respeito de segurança no trabalho.

Com isso os autores sustentam que haverá um aumento na eficiência e nos índices de qualidade das organizações por conduzir a um ambiente de trabalho com vantagens, tanto de ordem prática como de ordem psicológica, representado pela melhoria da auto-estima dos funcionários e do que eles pensam a respeito de seu próprio trabalho e da posição que ocupam dentro de todo o sistema.

## 2) Produção *just-in-time*

Para HENDERSON & LARCO (2000) os produtos devem ser produzidos *just-in-time* e apenas quando houver demanda pelo cliente. Fazer de outra maneira seria acumular inventário e além disso, lixo em potencial.

De acordo com a estratégia de produção enxuta, as longas filas de espera e os estoques de componentes se acumulando nas estações de trabalho a espera de serem processados se constituem em um grande desperdício, pois os produtos devem fluir desde o início da produção até as mãos do consumidor sem paradas ao longo do processo. Os estoques representam, além da perda de capital pelo dinheiro parado, um grande risco pela obsolescência dos itens armazenados.

Os autores consideram que dentro deste princípio a chave para o fluxo contínuo é o *takt time*, que como já apresentado, é a batida que irá ajustar o compasso das operações de manufatura.

HENDERSON & LARCO (2000) fazem um resumo do processo de fabricação de acordo com a demanda do cliente baseada no sistema *JIT* da seguinte maneira:

i) Devemos mapear o processo de montagem final da área a ser transformada.

ii) Após as áreas estarem organizadas e limpas devemos instalar o fluxo contínuo.

iii) Devemos instalar a produção puxada baseada no *Kanban*.

Uma vez completados estes passos podemos passar a trabalhar progressivamente para trás no processo de produção. Devemos usar o sistema *Kanban* para ligar a montagem final aos fornecedores internos e externos e devemos reduzir os *setups* e os tamanhos de lote para possibilitar a utilização do fluxo contínuo e do *Kanban*.

HENDERSON & LARCO (2000) também citam o balanceamento de linha, a diminuição dos tamanhos de lote e do tempo de *setup* como sendo aspectos cruciais para se alcançar a produção *JIT* e para conseguirmos manter o fluxo contínuo.

Conforme GODINHO FILHO & FERNANDES (2002) salientam, esta vertente, apesar de ter um foco alto no Controle de Qualidade (CQ) também prega a produção em fluxo e puxada, mas sem dúvida nenhuma, o foco principal sempre será na qualidade, que também garante o fluxo e que abordaremos a seguir.

### 3) Qualidade *seis sigma*

Este terceiro princípio da terceira vertente do pensamento enxuto proposta por HENDERSON & LARCO (2000) caracteriza claramente o foco que esta vertente tem com relação ao controle de qualidade.

A qualidade seis sigma representa um cálculo matemático que permite com que 99,9996% dos itens sejam perfeitos, ou seja, apenas 3,4ppm (partes por milhão) de itens defeituosos.

HENDERSON & LARCO (2000) fazem um resumo dos métodos utilizados para se garantir que um defeito não passe para outros estágios da produção, conforme abaixo:

- Responsabilidade do operador pela qualidade: Em uma empresa enxuta, todos os trabalhadores são responsáveis pela qualidade.

- O conceito da auto-parada: O importante é fazer com que as peças defeituosas não continuem na linha e para isto podemos implementar este conceito de várias maneiras, como por exemplo, utilizando equipamentos automáticos para detectar e retirar as peças defeituosas do processo.

- À prova de erros: Significa que o produto ou processo seja projetado para que nenhum erro ocorra. Para isto, durante a fase de projetos, deve-se pensar nas falhas que poderão vir a ocorrer e buscar a correção dessas falhas para que elas não ocorram.

- Trabalho Padronizado: Significa que um dado processo deve ser feito da mesma maneira toda vez em que for realizado, vindo daí o conceito de repetibilidade dos processos, que conduz a alta qualidade. Estes processos devem ser documentados e as pessoas envolvidas devem ser treinadas dentro desses procedimentos.

- Controle Primeiro que Entra, Primeiro que Sai (*first in, first out - FIFO*): O controle FIFO faz com que todas as matérias-primas, componentes, submontagens e produtos finais sigam o fluxo dentro do processo de maneira que conforme vão sendo produzidos eles passem para a operação seguinte e na ordem em que forem produzidos.

- Identificação da causa principal do problema: Para HENDERSON & LARCO (2000) a busca permanente pela eliminação dos erros deve ser um elemento chave para a busca da qualidade *seis sigma*. Para isto, devemos usar várias técnicas, dentre elas, perguntar cinco vezes o “porquê” determinado problema existiu, para que com isso, se consiga chegar ao cerne do problema, ou seja, sua causa, para podermos eliminá-la.

#### 4) Times com autoridade para a tomada de decisões

Os times que tomam decisões representam outra característica das empresas com pensamento enxuto. Nas organizações enxutas, os supervisores e líderes têm a tarefa de motivar, treinar, ser um facilitador do trabalho, ao invés de apenas dizer aos trabalhadores o que fazer.

Os trabalhadores no chão-de-fábrica são organizados em equipes que tomam decisões e fazem recomendações para a melhoria dos processos.

Quando um problema é encontrado, as equipes decidem o que fazer e como solucionar o problema. Tendo responsabilidade, as ações são logo colocadas em prática e um melhor caminho rapidamente será encontrado.

A própria equipe é responsável pela avaliação da performance dos membros que a compõem, o que garante lealdade diretamente entre todos os membros da equipe.

Cada membro também deve ser treinado em todas as tarefas que sejam executadas dentro do grupo. Como resultado, os membros da equipe se tornam intercambiáveis e podem cobrir o trabalho realizado por outro membro do grupo.

Finalmente, podemos ver que em organizações enxutas os níveis gerenciais são reduzidos, facilitando a comunicação entre os vários níveis hierárquicos.

#### 5) Gerenciamento visual

Para HENDERSON & LARCO (2000) , todos os funcionários devem saber exatamente como a empresa está dentro do mercado em que ela compete, e principalmente, como eles estão se saindo e como podem melhorar.

Para isto, a empresa enxuta deve deixar claro a todos os seus funcionários indicadores-chave, tais como a participação da empresa no mercado, as vendas, e alguns aspectos financeiros principais. Isto cria nos empregados um espírito de grupo e de comprometimento do funcionário com a empresa, fazendo com que ele sinta orgulho da empresa e veja a si mesmo como uma peça importante dentro da empresa. Os autores salientam que é muito difícil ter orgulho do que você é, e como você está indo, se você não sabe o que você é e como você está indo.

A empresa enxuta é uma fábrica “visual”. Isto se deve ao fato de que na empresa enxuta, todas as informações são colocadas em formas de gráficos, tabelas, cartazes, e qualquer outra forma que permita ao funcionário visualizar informações relativas a sua área, tais como objetivos, vendas, níveis de qualidade, inventários, treinamentos e o progresso feito pelos indivíduos que estão em treinamento.

HENDERSON & LARCO (2000) colocam que o gerenciamento eficiente é aquele que realiza três tarefas: deixa claro aos subordinados os objetivos de seu trabalho e o que se espera dele e elogia quando os indicadores de performance assim recomendam e também repreende, mas dando o *feedback* necessário, quando a performance desejada não for alcançada.

## 6) Busca da perfeição

Os empregados de empresas enxutas sabem que a organização existe para primeiramente providenciar valor para os clientes. Para serem bem sucedidos e superar as expectativas, eles devem pensar no produto ou serviço do ponto de vista do consumidor final. O sexto princípio da produção enxuta dá suporte a todos os outros princípios, pois mais do que nunca, os clientes querem um produto que tenha as funções desejadas, com o menor custo e sem problemas nos serviços.

GODINHO FILHO (2001) sugere algumas medidas para que os programas de melhoria contínua sejam bem sucedidos:

- As idéias de melhoria devem ser revisadas, aprovadas e implementadas no menor nível da organização possível – idealmente dentro de um trabalho em equipe no chão-de-fábrica;
- É crítico que os times marquem e cumpram datas determinadas para a discussão de idéias de melhoria;
- Sugestões devem ser dadas para melhorias fora do ambiente de trabalho de cada trabalhador; para isso devem ser usadas caixas de sugestões;
- Deve haver um sistema de reconhecimento das melhores idéias.
- Deve haver uma forte liderança e comprometimento gerencial.

Além de HENDERSON & LARCO (2000), os principais autores desta abordagem da produção enxuta, outros autores focam princípios desta abordagem tais quais: utilização de grupos de trabalho, *empowerment* e *Kaizen*. Portanto podemos incluir tais autores dentro da terceira abordagem da produção enxuta. Exemplos: BOYER (1996) estuda a importância dos fatores humanos, tais como comprometimento da gerência, *empowerment*, trabalho em equipe e liderança para o sucesso da produção enxuta; NIEPCE & MOLLEMAN (1996) descrevem as características da força de trabalho em um sistema de produção enxuta.

Sendo assim, de acordo com GODINHO FILHO & FERNANDES (2002), na primeira vertente o objetivo é a eliminação de esforços de tempo e custos desnecessários (objetivo produtividade) através da análise de valor e da produção

puxada. Estes princípios objetivam, entre outros, a eliminação de estoques (variável custo) e a diminuição do *lead time* de produção (variável tempo).

Já a segunda abordagem tem como objetivo principal a redução de custos desnecessários (variável custo), suportados por objetivos secundários, entre eles o controle de qualidade (variável qualidade). Além disso, seus conceitos mais importantes – o *just-in-time* e a autonomia – estão diretamente ligados à variável tempo e custo (*just-in-time*) e qualidade (autonomia).

GODINHO FILHO & FERNANDES (2002) salientam que na terceira abordagem, podemos verificar nitidamente os objetivos de qualidade nos princípios de qualidade *seis sigma* e na contínua busca da perfeição (*kaizen*), e as variáveis tempo e custo no princípio da produção *just-in-time*.

De acordo com GODINHO FILHO & FERNANDES (2002) a primeira abordagem tem clara preocupação, no chão-de-fábrica, com o controle da produção (CP). A segunda abordagem tem um foco maior no controle de produção (CP), mas também se preocupa com a qualidade no chão-de-fábrica, apresentando (*em nível de chão-de-fábrica*) um foco em CP comparável à primeira, porém com um enfoque maior em controle de qualidade (CQ) que a anterior. A terceira abordagem possui um foco alto em controle de qualidade (CQ) e baixo em controle de produção (CP), pois acredita que a obtenção de um nível de qualidade excelente dos produtos e o *kaizen* sejam mandamentos vitais para a produção enxuta.

Vale ressaltar que todas estas considerações são explicitadas pelos autores pelo número de princípios relacionados à CP e CQ contidos em cada uma das abordagens e o número de capítulos que são dedicados a CP e CQ nos livros referenciais para cada abordagem: WOMACK & JONES (1998), para a primeira abordagem; MONDEN (1984), para a segunda abordagem; HENDERSON & LARCO (2000), para a terceira abordagem.

A tabela 2.2 resume as características principais de cada uma das três abordagens da produção enxuta.



TABELA 2.2: As três abordagens da produção enxuta.

Características	Primeira abordagem	Segunda abordagem	Terceira abordagem
Grau de Foco	Alto foco em CP	Foco em CP e CQ	Alto foco em CQ
Objetivos	Eliminação de esforços de tempo e redução de custos	Redução de custos desnecessários (variável custo)	Qualidade <i>seis sigma</i> e <i>kaizen</i> (variável qualidade)
Sub-objetivos	Eliminação de estoques (variável custo) e diminuição <i>lead time</i> (variável tempo)	Controle da Quantidade, qualidade assegurada, respeito à condição humana	
Princípios	Valor; cadeia valor; fluxo; produção puxada; perfeição	<i>Just-in-time</i> e autonomia	Local de trabalho seguro, em ordem e limpo; JIT; qualidade <i>seis sigma</i> ; times com autoridade para a tomada de decisões; gerenciamento visual; perfeição.
Ferramentas	Utilização ferramentas para mapeamento fluxo valor	Kanban	5S
Livro referencial	“A Mentalidade Enxuta nas Empresas (1998)”	“Sistema Toyota de Produção (1984)”; “Sistema Toyota de Produção – além da produção em larga escala (1996)”	“Lean Transformation (2000)”

## 2.5 A Abrangência das Abordagens da Produção Enxuta

Nesta seção serão discutidas as diferentes abrangências que cada vertente do pensamento enxuto apresentadas anteriormente possuem em relação aos seguintes níveis empresariais: chão-de-fábrica, empresa e cadeia de suprimentos. Sendo assim, serão definidos estes três conceitos e como eles serão desenvolvidos neste trabalho.

TUBINO (1997) define a função produção dentro de uma organização, como sendo o centro dos sistemas produtivos, sendo responsável por gerar os bens ou serviços comercializados pelas empresas. A função produção transforma bens ou serviços por meio de um ou mais processos organizados de conversão. Assim, chão-de-fábrica pode ser definido como sendo a entidade física da função produção de uma empresa. Para SLACK *et al.* (1997) a função produção é central para a organização porque produz bens e serviços que são a razão de sua existência, mas não é a única e nem, necessariamente, a mais importante.

Para que o objetivo do chão-de-fábrica seja atingido, os sistemas devem exercer uma série de funções operacionais, cada uma com suas responsabilidades específicas. SLACK *et al.* (1997) afirmam que na prática, diferentes organizações adotarão diferentes estruturas organizacionais e definirão funções também diferentes. Entretanto, a maioria das organizações se agrupam em três funções básicas principais: finanças, *marketing* e como já citada, produção. Além destas três funções principais, ainda temos outras que denominamos funções de apoio e que suprem ou apóiam a função produção. São elas: PCP, recursos humanos, compras, engenharia/suporte técnico e manutenção. Segundo nossa ótica, a empresa seria o inter-relacionamento dessas três funções principais, suportadas pelas funções de apoio, visando gerar os produtos finais (bens ou serviços).

O último nível empresarial é chamado de cadeia de suprimentos. De acordo com SLACK (1997), o gerenciamento da cadeia de suprimentos pode ser definido como “*a gestão completa do suprimento de matérias-primas, manufatura, montagem e distribuição ao consumidor final*”. Segundo ele, o objetivo da cadeia de suprimentos seria a focalização na satisfação dos clientes finais, a formulação e implementação de estratégias baseadas na obtenção e retenção de clientes finais e o gerenciamento eficaz e eficiente de toda a cadeia.

Após a definição de como o chão-de-fábrica, empresa e cadeia de suprimentos se apresentam nesta dissertação, será discutido como os vários conceitos que constituem a filosofia da produção enxuta em cada uma das abordagens apresentadas se distribuem em relação aos três níveis empresariais apresentados acima.

A figura 2.5 demonstra como os vários princípios da produção enxuta se distribuem ao longo da cadeia de valor constituídos pelo chão-de-fábrica, empresa e cadeia de suprimentos.

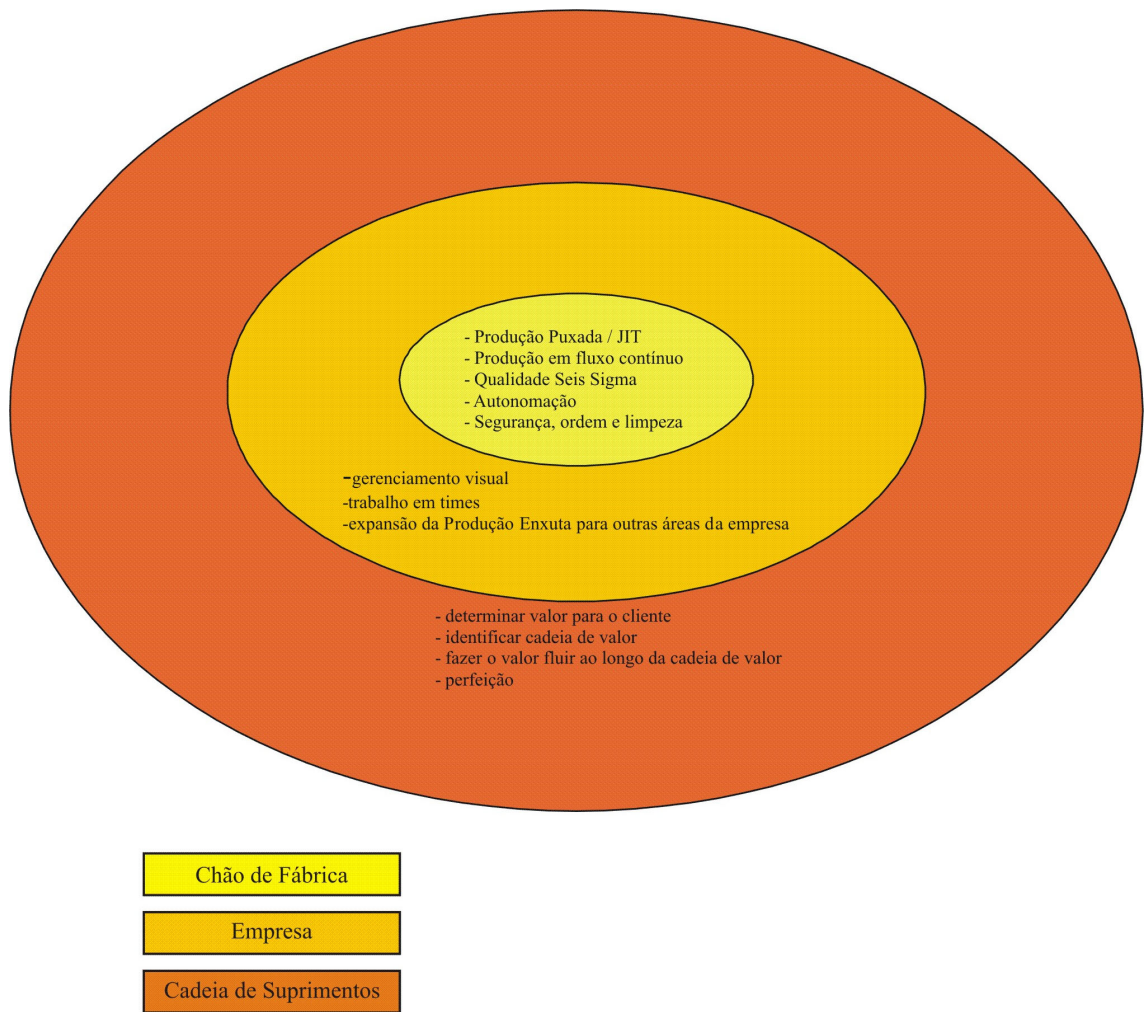


FIGURA 2.5: Distribuição dos princípios do pensamento enxuto ao longo da Cadeia de Valor

Ao centro da figura, pode-se identificar com relação ao chão-de-fábrica, pelo menos cinco dos princípios apresentados anteriormente: produção puxada/*JIT*, produção em fluxo contínuo, qualidade *seis sigma*, autonomia e segurança, ordem e limpeza. A definição destes conceitos mostra que eles estão intimamente ligados às melhorias nos processos de produção, ou seja, estão ligados à função produção da empresa, demonstrando claramente o seu posicionamento em relação ao chão-de-fábrica.

Ao deslocarmos um pouco mais em direção à extremidade da figura, deparamos com conceitos voltados à empresa como um todo, podendo ser ilustrados pelos seguintes princípios: gerenciamento visual, trabalho em time e expansão do pensamento enxuto para outras áreas da empresa. Este último, deixando transparecer o alto foco que estes conceitos apresentam em relação à implementação da filosofia da produção enxuta em toda a organização.

Por último, a determinação de valor para o cliente, a identificação da cadeia de valor, a busca da perfeição, a intenção de fazer o valor fluir ao longo da cadeia de valor, são conceitos que buscam estender o pensamento enxuto para fora das fronteiras da empresa, visando atingir toda a cadeia de suprimentos e sendo assim, relacionados a ela.

A figura 2.6 ilustra o grau de foco que cada abordagem do pensamento enxuto possui em relação ao chão-de-fábrica, empresa e cadeia de suprimentos.

De acordo com GODINHO FILHO & FERNANDES (2002), a primeira abordagem da produção enxuta tem como foco principal a análise de fluxo de valor e a produção puxada. Neste caso, a primeira abordagem possui um alto foco na cadeia de suprimentos devido à preocupação com a análise de todo o fluxo de valor e um foco médio no chão-de-fábrica, por prever mecanismos de produção puxada, como *Kanban* e *takt time*.

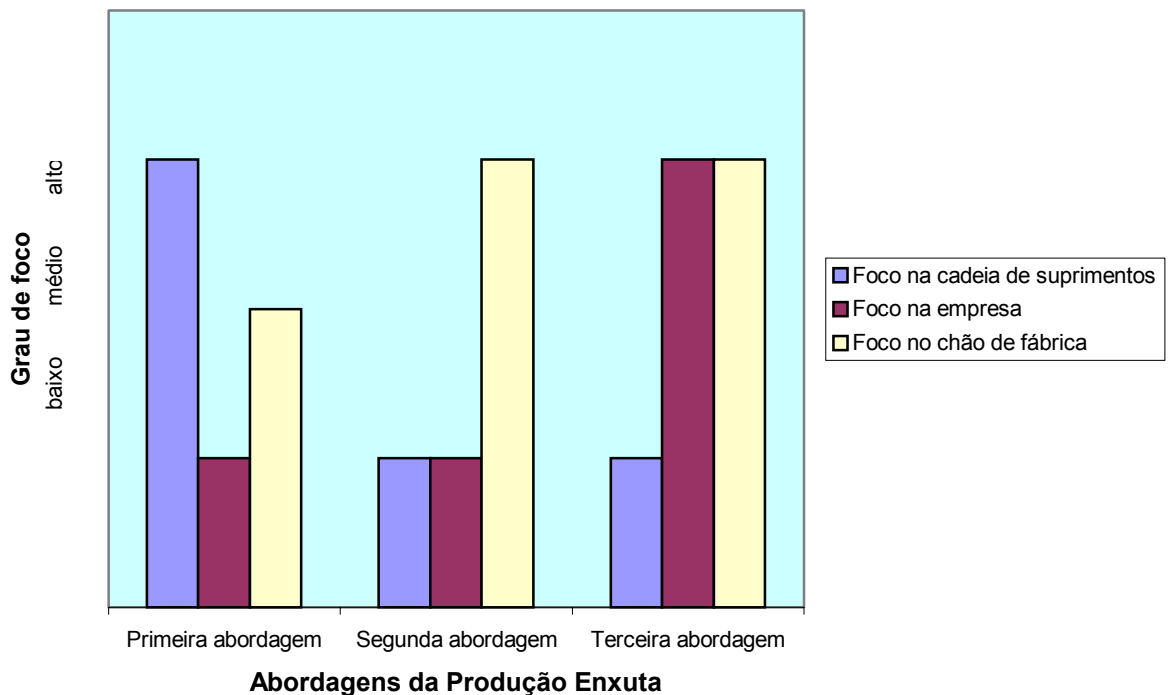


FIGURA 2.6: Abrangência das abordagens da produção enxuta

A segunda vertente, apesar de não usar o termo análise do fluxo de produção, tem um foco bastante alto na produção *just-in-time*, que é o seu principal conceito. Sendo assim, concluímos que para esta segunda abordagem do pensamento enxuto o foco principal seria justamente o chão-de-fábrica.

Finalmente, a terceira abordagem do pensamento enxuto, prega princípios que estão relacionados com o chão-de-fábrica, como por exemplo, a produção *just-in-time*, mas também apresenta certos conceitos que estão relacionados ao ambiente da organização como um todo, como qualidade *seis sigma*, gerenciamento visual, times que tomam decisões. Sendo assim consideramos que esta terceira vertente possui um alto foco na empresa, pois através dos seus princípios busca atingir toda a organização. Portanto, segundo a figura 2.6 demonstra, pode-se considerar que esta última abordagem possui um alto foco na empresa e no chão-de-fábrica e um baixo foco na cadeia de suprimentos.

### **3 A QUARTA ABORDAGEM PARA A PRODUÇÃO ENXUTA**

#### **3.1 A Quarta Abordagem para a Produção Enxuta em Nível de Chão-de-Fábrica**

Nesta seção é apresentada a proposta de abordagem de FERNANDES *et al* (2003) para a produção enxuta. Tal proposta enfoca a relação existente entre o Controle da Produção e o Controle da Qualidade, baseando-se no fluxo de materiais, no fluxo de decisões e informações e em um importante indicador de chão de fábrica para a medida da performance de um sistema de produção, que é a taxa de refugo.

Os autores defendem a existência de uma relação clara entre o Controle de Produção (que dimensiona o *takt time*) e o Controle da Qualidade (representada pela taxa de refugo), considerando que dimensionar o *takt time* sem levar em consideração a variável taxa de refugo, pode dificultar o fluxo de materiais, por conduzir o processo a índices elevados de peças refugadas.

Ressalta ainda que todo o trabalho que delinea a quarta vertente do pensamento enxuto foi conduzido levando em consideração o chão-de-fábrica, sendo que todos os princípios por ele delineado se refere a problemas no ambiente fabril. Ao final deste capítulo, será discutido o posicionamento que esta abordagem possui em relação ao chão-de-fábrica, empresa e cadeia de suprimentos.

O objetivo principal da quarta vertente é manter um fluxo enxuto ao longo de todo o processo. Isto pode ser conseguido através do dimensionamento do *takt time*, levando em consideração que este influencia a taxa de refugo. Para se atingir este objetivo existem 3 princípios, apresentados a seguir.

##### **3.1.1 Princípio nr.1: o fluxo de materiais deve ser o mais simples possível.**

O primeiro princípio está diretamente relacionado à implantação de técnicas que facilitem o fluxo de materiais no chão-de-fábrica. Segundo BURBIDGE (1996) a análise de fluxo de produção (PFA – *Production Flow Analysis*) é uma técnica utilizada para planejar a mudança em uma fábrica da organização por processo para a organização por produto e também para planejar a mudança de um *layout* por processo para um *layout* celular. Segundo ele, a adoção do *layout* em grupo (ou celular) é um dos mais eficientes métodos para a simplificação do fluxo de materiais.

O PFA é uma técnica progressiva que consiste de uma sucessão de subtécnicas. Ele começa em grandes empresas pela simplificação do fluxo entre as fábricas ou divisões, usando a “Análise de Fluxo da Companhia” (CFA). Encontra então a melhor divisão de cada fábrica em departamentos baseada na organização por produto e simplifica o fluxo de materiais entre elas utilizando a “análise de fluxo da fábrica” (FFA). No próximo passo, planeja a divisão dos departamentos em grupos com a “análise de grupos” (GA). O fluxo de materiais entre as estações de trabalho em um grupo é então estudado utilizando a “análise da linha” (LA). Finalmente a “análise de ferramental” (TA) é utilizada para se encontrar as “famílias de ferramentas” (conjunto de peças que podem ser fabricadas utilizando no mesmo *setup* ferramentas da mesma família) com o propósito de planejar o seqüenciamento da operação e se encontrar conjuntos de componentes passíveis de serem automatizados

Para BURBIDGE (1996), são quatro as principais desvantagens da organização por processo:

1 – Aumenta os tempos de *throughput*, aumentando os investimentos em estoques e as perdas de materiais e componentes pelo risco de obsolescência.

2 – Dificulta a tarefa de delegar eficientemente adotando controles centralizados e burocráticos para controlar o fluxo de materiais entre as seções e os departamentos.

3 – Não contribui para a automação dos processos.

4 – Não privilegia a formação de operários multi-especializados, com habilidades em diversos equipamentos.

Para ele todas estas deficiências podem ser sanadas mudando da organização por processo para a organização por produto. O tempo total até a entrega do material e os investimentos em estoque são diminuídos porque os operários de cada seção são responsáveis por todos os recursos necessários para fabricar aquele determinado produto. A delegação de tarefas é facilitada, porque os operários agora realizam todas as tarefas, podendo assim controlar a qualidade dos componentes e os custos envolvidos. O processo de automação é facilitado, porque os itens são produzidos em grupos ou famílias de componentes, o que contribui para a incorporação de sistemas

flexíveis de manufatura (FMS). Finalmente, os supervisores e operários se tornam generalistas, conhecendo todo o processo de produção e contribuindo para melhorá-lo.

Vantagens aparecem com a simplificação do fluxo de materiais e pode ser conseguida pela adoção do *layout* em grupo. Para BURBIDGE (1975), a adoção do *layout* em grupo traz os seguintes benefícios:

- Redução no tempo de *throughput*: Com o *layout* em grupo as máquinas estão próximas umas das outras, possibilitando a transferência contínua dos produtos (sobreposição de operações). Isto reduz o tempo total até a entrega do material (tempo de *throughput*). As vantagens disto são claras: redução do ciclo de pedido, possibilitando à produção responder mais rapidamente a demanda do mercado, além da redução de estoques em ambos: produtos finais e estoques em processo.

- Melhoria de qualidade: no *layout* em grupo os indivíduos possuem um alto nível de comprometimento, produzindo itens de melhor qualidade.

- Redução dos custos de manuseio e preparação: o manuseio dos materiais, pela simplificação ocasionada pelo agrupamento das máquinas em grupos e dos produtos em famílias, é bem menor.

- Simplificação da burocracia do trabalho

- Redução de custos indiretos: Os custos com digitação, leitura, checagem, preenchimento de papéis é reduzida.

- Melhoria nas relações de trabalho: Há uma maior independência do grupo de trabalho, gerando maior motivação e interesse por parte dos trabalhadores.

- Redução de Investimentos: O *layout* em grupo requer menos espaço que um *layout* funcional, pois a capacidade da planta existente tende a ser maior com a utilização de um *layout* em grupo. Outra redução em espaço que certamente será observada será a redução do espaço proveniente da redução dos estoques em processo.

Deve-se enfatizar que todas estas vantagens advêm da simplificação do fluxo de materiais. Como parte da quarta abordagem do pensamento enxuto e dentro do primeiro princípio que seria a simplificação do fluxo de materiais, define-



se agora o método que será utilizado para determinar como será feita a transição de um *layout* por processo para um *layout* celular.

Segundo BURBIDGE (1996) o PFA é uma das técnicas utilizadas para se encontrar os grupos de produtos (ou famílias) para a adoção do *layout* em grupo, juntamente com a classificação e codificação dos componentes. Neste primeiro princípio da proposta de FERNANDES *et al* (2003) os autores utilizam somente o PFA, pois a classificação e codificação das peças somente encontram as famílias, enquanto o PFA encontra a divisão dos componentes em famílias e a divisão das máquinas em grupos.

BURBIDGE & HALSALL (1994) citam uma experiência em que com a implantação da tecnologia de formação de famílias de peças realizada através do PFA foi possível a uma empresa em 18 meses, reduzir os seus estoques em 60%, aumentar suas vendas em 33%, aumentar o retorno sobre investimento em 24% e aumentar o número de funcionários em 12%. Os custos de se implantar o sistema foi coberto em mais de três vezes pelo economia na redução dos estoques.

O estudo de caso desta dissertação trabalha com duas etapas do PFA, visto que estaremos estudando apenas uma parte da empresa que só possui uma planta, fazendo com que a etapa da Análise do Fluxo da Companhia (CFA) não seja indicada. Além disso, as duas etapas finais (LA e TA) também não serão aplicadas pois já teremos conseguido a simplificação do fluxo de materiais, com a aplicação das duas etapas intermediárias (FFA e GA).

### **3.1.2 Princípio nr.2: o sistema de controle da produção deve ser compatível com o sistema de produção.**

FERNANDES *et al* (2003) colocam que é necessário que ocorra a identificação das unidades de processamento da empresa através da classificação sistematizada do seu sistema de produção e justificam esta tese dizendo que isto é vital para a escolha de um sistema adequado de controle da produção.

Neste segundo princípio a metodologia de classificação dos sistemas de produção proposta por MACCARTHY & FERNANDES (2000) é apresentada como a

base para a escolha do sistema de controle de produção adequado à realidade de cada empresa.

MACCARTHY & FERNANDES (2000) propõem um sistema de classificação multidimensional, onde identificam quatro grupos de características principais, que englobam oito dimensões e doze variáveis. A tabela 3.1 resume este sistema multidimensional de classificação.

No anexo 1 são definidas as quatro características e as doze variáveis propostas por MACCARTHY & FERNANDES (2000) em seu sistema de classificação multidimensional.

TABELA 3.1: Características, dimensões e variáveis do sistema de classificação multidimensional para projeto ou seleção de sistemas de Controle de Produção.

<b>Características</b>	<b>Dimensões</b>	<b>Variáveis</b>
Caracterização Geral	Tamanho da organização	
	Tempo de resposta	
	Nível de repetitividade	
	Nível de Automação	
Caracterização do Produto	Descrição do produto	Estrutura do produto
		Nível de Customização
		Número de Produtos
Caracterização do Processo	Descrição do Processo	Tipos estoque segurança
		Tipos de <i>layout</i>
		Tipos de fluxo
Caracterização da Montagem	Tipos de montagem	
	Tipos de organização de Trabalho	

Fonte: MACCARTHY & FERNANDES (2000).

Todas as 12 variáveis consideradas na classificação multidimensional proposta por MACCARTHY & FERNANDES (2000) têm, segundo os dois autores, impacto direto sobre a complexidade das atividades dos sistemas de controle da produção (SCP). A tabela 3.2 indica o impacto típico de cada variável na complexidade das atividades do SCP e o seu relacionamento entre cada variável e o seu nível de repetitividade. A Repetitividade é uma importante variável na classificação proposta e é considerada a variável chave para a escolha de toda

estrutura de controle da produção. A Tabela 3.2 também indica o relacionamento entre as variáveis e a escolha de um sistema de controle da produção.

Enquanto o nível de repetitividade têm um grande impacto na escolha do SCP, as outras variáveis tem um impacto significativo na complexidade do detalhamento do sistema básico. Como exemplo, o MRP pode ser escolhido como o sistema básico, mas a parametrização do sistema depende da complexidade das atividades de controle de produção. Estes estão relacionados na tabela 3.2 e também os gargalos que restringem os sistemas de produção.

TABELA 3.2: As variáveis e a escolha do sistema de PCP.

	Nível de Repetitividade dos sistemas de produção						
Outras variáveis	Contínuo puro	Semi-contínuo	Produção em massa	Repetitivo	Semi-repetitivo	Não repetitivo	Grandes projetos
Tamanho da empresa	Para todos os níveis de repetitividade, quanto maior a empresa, mais complexas são as atividades de PCP						
Nível de Automação	Rígido	Rígido	Rígido	Normal ou Flexível	Normal ou Flexível	Normal ou Flexível	Normal
Estrutura dos Produtos	Para todos os níveis de repetitividade, as atividades de PPC para multi níveis de produtos são muito mais complicadas do que para produtos de nível único						
Nível de Customização	Produtos Padronizados	Produtos Padronizados ou Mushroom	Produtos Padronizados ou Mushroom	Produtos Padronizados ou Mushroom	Mushroom ou semi customizados	Semi customizado ou customizado	Customizado
Número de Produtos	Para todos os níveis de repetitividade, as atividades de PPC para multi produtos são muito mais complexas do que para produtos de nível único						
Tipos de Layout	Layout de Produto	Layout de Produto	Layout de Produto	Layout em Grupo	Layout em Grupo	Layout Funcional	Layout de Posições Fixas
Tipos de Estoque de Segurança	(1) e (3)	(1), (2) e (3)	(1), (2) e (3)	(1), (2) e (3)	(1), (2) ou (1)	(1), (2) ou (2)	Sem estoque de segurança
Tipos de Fluxo	A complexidade das atividades de PPC aumentam de (F1) em direção a (F12)						
Tipos de Montagem	(A1) ou desmontagem	(A1) ou desmontagem	(A5) ou (A6) ou (A7) ou não montagem	(A5) ou (A6) ou (A7) ou não montagem	(A7) ou (A8) ou (A9) ou não montagem	(A3) ou (A4) ou não montagem	(A2)
Tipos de organização do trabalho	Se existe montagem, o tipo de organização do trabalho tem um impacto direto na maneira a qual será feito o balanceamento do trabalho na montagem						
Sistemas básicos de controle da produção possíveis de serem escolhidos	Uma planilha para controlar a taxa de fluxo	Uma planilha para programar o trabalho	Kanban	Kanban ou PBC	PBC ou OPT	MRP	PERT/CPM

Fonte: MACCARTHY & FERNANDES (2000).

### **3.1.3 Princípio nr. 3: o dimensionamento do ritmo da produção (*takt time*) deve ser realizado em função da demanda, da capacidade e da influência da taxa (ritmo) de produção sobre a taxa de refugo**

O Terceiro Princípio proposto por FERNANDES *et al* (2003) dentro da quarta vertente da produção enxuta leva em consideração o dimensionamento do ritmo de produção levando em conta a demanda, a capacidade e a influência da taxa de produção sobre a taxa de refugo.

Os conceitos de tempo de ciclo e *takt time* são bastante distintos e devem ser observados. O conceito de tempo de ciclo está diretamente relacionado à Função Operação, ou seja, a cada máquina/operação em particular. A Função Operação refere-se ao acompanhamento dos sujeitos do trabalho (homens, máquinas, equipamentos, etc.) ao longo do tempo e do espaço. Já a Função Processo se refere ao acompanhamento dos objetos (materiais) ao longo do tempo e do espaço - diz respeito ao fluxo de materiais.

De acordo com WOMACK & JONES (1998), o *takt time* é o tempo que sincroniza precisamente a velocidade de produção e a velocidade de vendas aos clientes (demanda). Já para OHNO (1996), o *takt time* é “obtido pela divisão entre o tempo disponível diário de produção pelo número de peças requeridas por dia”.

Para ALVAREZ & ANTUNES JR. (2001), o *takt time* pode ser definido como o ritmo de produção necessário para atender a um determinado nível considerado de demanda, dadas as restrições de capacidade da linha ou célula. Já o tempo de ciclo é definido como o tempo de execução da operação, ou das operações, na máquina ou ponto mais lento. Quando se tem uma máquina, é o tempo de execução da operação somente; quando se tem uma linha de produção, o tempo de ciclo é o tempo da operação gargalo (maior tempo).

Como exemplo para se comparar o *takt time* com o tempo de ciclo temos a seguinte situação: Suponha uma linha de produção com um tempo de ciclo (tempo de operação gargalo) de cinco minutos. Se considerarmos, primeiramente, uma demanda de oitenta unidades por dia e um tempo disponível para a produção a cada dia de oito horas, teremos um *takt time* de seis minutos. Uma vez que este “ritmo” é maior que o permitido pela linha, o *takt time* efetivo seria de seis minutos, ou seja, não

trabalharemos com a capacidade total da linha, ou ainda, esse seria o ritmo de produção efetivamente praticado.

Em uma segunda situação, considere uma demanda de cento e vinte unidades por dia para as mesmas oito horas de tempo disponível de produção por dia. Temos então um *takt time* de quatro minutos. Como quatro minutos é inferior ao tempo de ciclo, o *takt time* efetivo é então de cinco minutos (ritmo de produção real da linha). Notamos que a capacidade de produção disponível não permite o atendimento da demanda. Podemos concluir que se o tempo de ciclo representa o ritmo máximo possível, o tempo de ciclo é um limitante do *takt time*.

FERNANDES *et al* (2003) definem a partir daqui, que o *takt time* efetivo é igual ao *takt time* calculado (ou nominal) caso a capacidade seja maior ou igual à demanda, ou igual ao tempo de ciclo, quando a capacidade for inferior à demanda. Significa dizer que quando formos dimensionar o ritmo de produção (*takt time*) devemos levar em conta também a capacidade (tempo de ciclo).

Sendo assim, o ritmo de produção exerce influência sobre a taxa de refugo. Nas suas palavras: “...há uma interface entre o CP (*takt time* aqui representado pela variável ritmo de produção) e o CQ (aqui representado pela variável taxa de refugo) até agora não explorada, a qual é relação entre estas duas variáveis” (FERNANDES *et al.*, 2003).

Para eles, a relação entre *takt time* e taxa de refugo é a seguinte: se for aumentado o ritmo de produção (ou seja, diminuir o *takt time*) de determinada máquina ou linha de produção para se atingir determinada demanda (mesmo que a capacidade permita) estaremos aumentando também a taxa de refugo da máquina ou linha de produção em questão. Este aumento da taxa de refugo com certeza irá comprometer todo o resultado do sistema, gerando paradas frequentes e quebrando o ritmo da produção.

Para se construir a curva *takt time* x taxa de refugo nos utilizamos de duas abordagens, um dos quais seria a utilização de dados históricos, caso a máquina/linha seja bastante conhecida e possuímos informações confiáveis do *takt time* e sua correspondente taxa de refugo e se as informações disponíveis abrangem o *takt time* que se deseja implementar na máquina/linha. Podemos também nos utilizar de uma abordagem que seria a utilização de um teste empírico, quando não possuímos as

informações de *takt time* x taxa de refugo ou estas informações não serem confiáveis. Para o teste empírico, devemos simplesmente aumentar a taxa de produção (velocidade) da máquina/linha e verificar para cada taxa de produção a sua correspondente taxa de refugo.

Uma vez construída a curva *takt time* x taxa de refugo, os autores propõem que se compare o *takt time* efetivo da linha a esta curva para todas as máquinas que trabalharão com o *takt time*, podendo assim ajustar ou não este *takt time* (efetivo) com a finalidade de que não leve a uma taxa de refugo alta que venha a prejudicar o fluxo de valor.

É definido então o *takt time* efetivo 2 como sendo o *takt time* efetivo, que já estaria ajustado de acordo com o gráfico *takt time* x taxa de refugo. É demonstrado abaixo um algoritmo para a definição do *takt time* efetivo 2, o qual transcreveremos integralmente neste trabalho, tendo como fonte o trabalho de FERNANDES *et al* (2003).

### **Algoritmo para a definição do *takt time* efetivo 2**

PASSO 0: Classifique corretamente para a máquina ou linha de produção e para o produto em questão os seus níveis de refugo em 3 faixas distintas:

1) Nível de refugo compatível com a Produção Enxuta: são os níveis de refugo menores ou iguais a 3,4 ppm (partes por milhão), o qual é o objetivo da qualidade seis sigma pregada pela filosofia enxuta.

2) Nível de refugo baixo: são os níveis de refugo que, apesar de serem superiores ao nível de refugo compatível com a Produção Enxuta (3,4 ppm), na prática não chega a prejudicar o bom funcionamento do sistema (não há interrupção do fluxo de materiais).

3) Nível de refugo alto: são os níveis de refugo inaceitáveis, que podem provocar a interrupção ou a paralisia do fluxo de materiais.

A classificação em nível de refugo compatível com a Produção Enxuta independe dos processos máquinas/produtos envolvidos, porém as outras duas faixas de refugo (baixo e alto) são diferentes para cada processo máquina/produto da empresa.

PASSO 1: Se estivermos trabalhando com uma linha de produção (diferentes estações de trabalho), encontre o tempo de ciclo da linha; caso contrário

(trabalhando-se somente com uma estação de trabalho) vá para o passo 2.

PASSO 2: Analisar o *takt time* calculado e o tempo de ciclo, através da figura 3.1. Esta figura possibilita também que o *takt time* efetivo assuma valores entre o *takt time* calculado e o tempo de ciclo. Nesta situação o aumento do número de funcionários / ciclo de melhorias leva a uma diminuição do tempo de ciclo, porém isto não é suficiente para levar o tempo de ciclo a ser igual ao *takt time* calculado. Esse valor intermediário entre o *takt time* calculado e o tempo de ciclo é denominado de tempo de ciclo melhorado.

PASSO 3: Definir o *takt time* efetivo. Podemos ver na figura 3.1 que podem ocorrer três casos, como mostrado abaixo:

- i) ou será igual ao calculado (neste caso não há perda de demanda);
- ii) ou igual ao tempo de ciclo (há perda de demanda);
- iii) ou igual a um tempo de ciclo melhorado (há perda de demanda, porém menor que em ii).

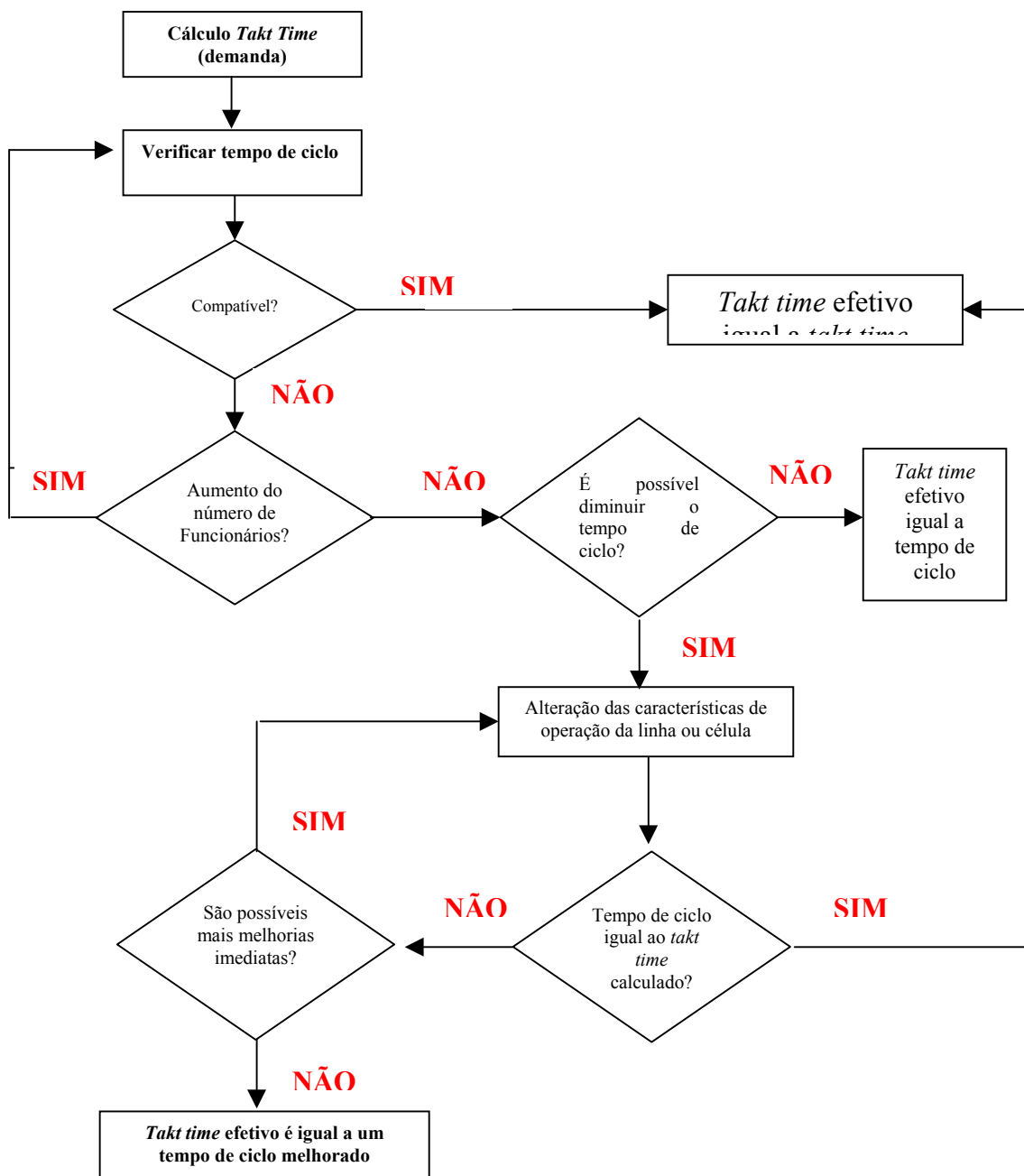
PASSO 4: Construir a curva *takt time* x taxa de refugo para todas as estações de trabalho se for o caso de uma linha, usando uma das duas propostas apresentadas anteriormente (dados históricos ou pesquisa empírica).

PASSO 5: Verificar na curva *takt time* x taxa de refugo o nível de refugo equivalente ao *takt time* efetivo encontrado em 3. Interpolar se necessário.

PASSO 6: Classificar os *takt time* efetivos como tendo níveis de refugo: compatível com a Produção Enxuta, alto ou baixo (de acordo com passo 0). No caso de linha de produção, primeiro deve-se classificar o nível de refugo de cada máquina para o *takt time* da linha. A classificação do nível de refugo da linha será igual a pior classificação dentre os níveis de refugo das máquinas. Por exemplo: se na linha tivermos três máquinas e a classificação dos níveis de refugo mostrarem que um é compatível com a Produção Enxuta, um é baixo e um é alto, para àquele *takt time* efetivo o nível de refugo será alto.

PASSO 7: Definição do *takt time* efetivo 2: Este passo é representado por nove casos que são uma combinação da definição do *takt time* efetivo (passo 3) e a classificação dos níveis de refugo (passo 6). A tabela 3.3 mostra as nove possibilidades para o *takt time* efetivo e sugere ações que deveriam ser tomadas para cada possibilidade.





Fonte: FERNANDES *et al* (2003).

FIGURA 3.1: Cálculo do *takt time* efetivo.

TABELA 3.3: Características da demanda, do refugo e ações a serem tomadas para cada um dos passos resultantes das decisões múltiplas para cálculo do *takt time* efetivo 2.

<b>Takt time efetivo é igual a</b>	<b>Características do refugo</b>	<b>Características da demanda</b>	<b>Ações a serem tomadas</b>
<i>takt time</i> calculado	Refugo compatível com a produção enxuta (3,4ppm)	Demanda atendida	- Manter padrões de qualidade
<i>Takt time</i> calculado	Refugo que não prejudica o fluxo, porém acima dos limites da filosofia enxuta (3,4ppm)	Demanda atendida	- Decisão sobre redução da taxa de refugo (vale a pena tentar atingir 3,4ppm?)
Um aumento <i>takt time</i> calculado devido a razões de qualidade	Refugo prejudicando o fluxo (alto)	Demanda não atendida por problemas de qualidade	- Melhoria urgente no processo para diminuição de refugo
Tempo de ciclo	Refugo dentro da filosofia enxuta (3,4ppm)	Demanda não atendida por falta de capacidade	- Manter padrões de qualidade. - Buscar melhorias para reduzir tempo de ciclo.
Tempo de ciclo	Refugo que não prejudica o fluxo, porém acima dos limites da filosofia enxuta (3,4ppm)	Demanda não atendida por falta de capacidade	- Decisão sobre redução da taxa de refugo - Buscar melhorias para reduzir tempo de ciclo.
Um aumento <i>takt time</i> calculado devido a razões de qualidade	Refugo prejudicando o fluxo (3,4ppm)	Demanda não atendida por falta de capacidade e problemas de qualidade	- Melhoria urgente no processo para diminuição do refugo - Buscar melhorias para reduzir tempo de ciclo.
Tempo de ciclo melhorado	Refugo dentro da filosofia enxuta (3,4ppm)	Demanda não atendida por falta de capacidade	- Manter padrões de qualidade. - Buscar melhorias para reduzir tempo de ciclo.
Tempo de ciclo melhorado	Refugo que não prejudica o fluxo, porém acima dos limites da filosofia enxuta (3,4ppm)	Demanda não atendida por falta de capacidade	- Decisão sobre redução da taxa de refugo - Buscar melhorias para reduzir tempo de ciclo.
Um aumento <i>takt time</i> calculado devido a razões de qualidade	Refugo prejudicando o fluxo (alto)	Demanda não atendida por falta de capacidade e problemas de qualidade	- Melhoria urgente (drástica) no processo para diminuição do refugo - Buscar melhorias para reduzir tempo de ciclo.

Fonte: FERNANDES *et al* (2003).

### 3.1.4 Considerações

Após a apresentação dos três princípios da quarta vertente da produção enxuta, faz-se algumas considerações com relação ao sistema de controle da produção selecionado em função da classificação multidimensional proposta por MACCARTHY & FERNANDES (2000) e o dimensionamento do *takt time*.

Deve-se salientar que o terceiro princípio leva em consideração para o dimensionamento do ritmo de produção um sistema com características *just-in-time* e princípio de produção puxada em que se pressupõe que após a simplificação do fluxo o trabalho deve fluir de uma estação para outra de acordo com um ritmo (tempo *takt*) e com a mesma velocidade do processo final. A implementação do *Kanban* para puxar a

produção só será necessário aonde o fluxo contínuo não puder ser aplicado. De acordo com GODINHO FILHO (2001), o *Kanban* é o sistema de controle da produção (SCP) que mais se adequa à filosofia de produção enxuta, devido à sua simplicidade e possibilidade de trabalho em fluxo. Segundo ele, deve-se tentar implantar o fluxo contínuo onde for possível e o *Kanban* onde este não for possível, e para casos em que ambos (fluxo e *Kanban*) não forem possíveis, outro SCP como o PBC, OPT ou MRP serão necessários.

A tabela 3.4 demonstra a relação entre alguns SCP e as possibilidades de dimensionamento a que se refere o terceiro princípio da produção enxuta (PE), ou seja, o dimensionamento do *takt time*.

TABELA 3.4: Relação entre o sistema de controle da produção e o dimensionamento das variáveis.

<b>Sistema PCP</b>	<b>Dimensionamento</b>
JIT/PE trabalho em fluxo contínuo	<i>Takt Time</i>
JIT/PE <i>Kanban</i>	Número de <i>Kanbans</i>
PBC	Tamanho e periodicidade dos lotes
OPT	Tamanho e periodicidade dos lotes
MRP	Tamanho e periodicidade dos lotes

Fonte: GODINHO FILHO (2001).

Seguindo com as considerações sobre a quarta abordagem, deve-se atentar para o fato da existência ou não da possibilidade de trabalho em fluxo. De acordo com ROTHER & SHOOK (1998) o trabalho em fluxo contínuo não é possível nos seguintes casos:

- alguns processos são projetados para operar em ciclos de tempo muito rápidos ou lentos e necessitam mudar com o tempo para atender a múltiplos fluxos de valor;
- alguns processos, como por exemplo os localizados nos fornecedores, estão distantes e o transporte de uma só peça por vez não é realista;
- alguns processos têm *lead time* muito elevado, *setup* muito elevado ou não são confiáveis para ligarem-se diretamente a outros processos em fluxo contínuo.

A tabela 3.5 relaciona a variável repetitividade à possibilidade de se trabalhar em fluxo.

TABELA 3.5: Relação entre a repetitividade e a possibilidade de se trabalhar em fluxo.

<b>Repetitividade</b>	<b>Possibilidade de trabalho em fluxo</b>
Contínuo puro	Sim
Semi-contínuo	Sim
Produção em massa	Sim
Repetitivo	Sim
Semi-repetitivo	Não
Não-repetitivo	Não
Grandes projetos	Não

Fonte: GODINHO FILHO (2001).

No estudo de caso poderemos visualizar a possibilidade ou não do trabalho em fluxo.

### **3.2 Discussão sobre a quarta abordagem**

Esta seção faz algumas considerações quanto ao posicionamento que a nova abordagem da produção enxuta descrita neste capítulo apresenta em relação ao chão-de-fábrica, empresa e cadeia de suprimentos, ou seja, analisa o foco que esta abordagem possui em relação a estes três níveis empresariais e caso necessário, coloca novos princípios que serviriam para completar esta abordagem objetivando torná-la mais abrangente.

Segundo GODINHO FILHO & FERNANDES (2002) “... a fábrica enxuta possui a área de trabalho limpa e organizada, utilizando o programa 5S. Técnicas de mapeamento do processo são usadas para transformar o processo atual em lotes em um processo em fluxo contínuo. Um sistema Kanban (JIT) é instalado para ligar a demanda do consumidor à montagem final, e então, da montagem final aos fornecedores internos e externos. A responsabilidade pela qualidade é transferida para o time da montagem final, que é treinado nas técnicas de qualidade seis sigma, que incluem o controle estatístico de processo (CEP), o método solucionador da causa do

*problema e métodos à prova de falhas. Os times também recebem treinamento para que possam tomar decisões. Tabelas de displays são instalados para disseminar as informações-chave para todos os membros do time e é estabelecida uma cultura de melhoramento contínuo (Kaizen).”*

Neste ponto podemos notar que a transformação de uma empresa tradicional para uma empresa enxuta se inicia no chão-de-fábrica e se expande à medida que a filosofia enxuta vai sendo incorporada por todos dentro da organização, até o momento que rompe as barreiras da empresa, se disseminando por toda a cadeia de suprimentos, abrangendo também o fornecedor e o cliente final.

Sendo assim, a nova abordagem proposta, tendo clara preocupação com o chão-de-fábrica, já incorpora o conceito da disseminação natural da filosofia de produção enxuta por toda a cadeia de valor, sendo que novos princípios vão sendo implementados conforme a filosofia for se propagando ao longo de toda a cadeia de valor. O cerne do sistema produtivo é o chão-de-fábrica e é lá que o pensamento enxuto deve ser implementado, construindo assim uma base sólida para a adoção de todo o modo de trabalho enxuto em toda a cadeia de valor.

A tabela 3.6 torna este ponto de vista mais claro e explícito e nos mostra uma das grandes contribuições dada por este trabalho, que é a expansão da estratégia de produção enxuta para outros níveis empresariais. O que este trabalho demonstra é que se o modelo de produção enxuta funciona nas fábricas e permite ganhos consideráveis de produtividade e qualidade, ele com certeza também trará benefícios quando os princípios e técnicas forem estendidos para toda a empresa e a cadeia de suprimentos. É a estratégia de produção migrando do chão-de-fábrica para o escritório e deste para fora das fronteiras da empresa.

TABELA 3.6: Expansão dos princípios da quarta abordagem da produção enxuta para os níveis de empresa e cadeia de suprimentos.

Nível	Princípios da quarta abordagem da produção enxuta
<b>Chão-de-Fábrica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simplificação do fluxo de materiais.</li> <li>- Compatibilização do fluxo de materiais com o fluxo de informações e decisões pela escolha do(s) sistema(s) de controle de produção apropriado(s).</li> <li>- <i>“A pressa é inimiga da perfeição”</i>; nas operações do chão-de-fábrica levar em conta a taxa de refugo ao definir o ritmo de produção.</li> </ul>
<b>Empresa</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Simplificar o fluxo de documentos (inclusive eliminando documentos desnecessários).</li> <li>- Compatibilizar o fluxo de documentos com as rotinas de trabalho pela escolha do(s) sistema(s) de controle de produção apropriado(s).</li> <li>- <i>“A pressa é inimiga da perfeição”</i>; nas operações empresariais levar em conta a taxa de falhas ao definir o ritmo de operações.</li> </ul>
<b>Cadeia de Suprimentos</b>	Os princípios válidos para a empresa e o chão-de-fábrica também valem para a empresa e o chão-de-fábrica de cada um dos fornecedores e assim sucessivamente, até atingir a última camada da cadeia.

#### **4 PROPOSTA DE UMA METODOLOGIA BASEADA EM INDICADORES DE DESEMPENHO PARA AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO ENXUTA**

Este capítulo apresenta um breve resumo sobre a questão da medição do desempenho e como eles contribuem para alçar a organização a um novo patamar de competitividade se forem utilizados de maneira correta. Apresenta também uma metodologia para a utilização destes indicadores, tendo a proposta de ser uma ferramenta para a implementação de um sistema de medição de desempenho pela utilização de indicadores de performance direcionados a aplicações específicas dentro de uma organização. Finalmente, o capítulo termina tecendo considerações a respeito da metodologia proposta para embasar a sua aplicação ao estudo de caso do capítulo seguinte.

Segundo NEELY *et al.* (1995), a medição do desempenho é um assunto freqüentemente discutido, mas raramente definido. Para ele, a medição do desempenho pode ser definido como o processo de se quantificar a eficiência e a eficácia de uma ação ou como a unidade de medida utilizada para se quantificar a eficiência e ou a eficácia de uma ação; já um sistema de medição de desempenho pode ser definido como um conjunto de medidas utilizadas para se quantificar a eficiência ou eficácia de uma ação.

Nota-se nos capítulos anteriores que a produção enxuta é baseada em princípios e técnicas. Alguns deles afetam exclusivamente o chão-de-fábrica, enquanto outras afetam as mais diversas funções da empresa e se estendem até os clientes e fornecedores. A implementação dos princípios enxutos deve ser feita de maneira gradual, por isso a metodologia proposta neste trabalho considera importante definir qual o grau de abrangência (chão-de-fábrica, empresa e cadeia de suprimentos) e o foco (qualidade ou produtividade) que a empresa pretende já no início da implementação das técnicas enxutas e assim escolher os indicadores mais apropriados para fazer o acompanhamento desta implementação.

A afirmação acima é corroborada por SHEMANNER & VOLLMANN (1994) que colocam que em inúmeras empresas, uma quantidade considerável de recursos se esvai na tentativa de se conseguir avanços na utilização de indicadores *inadequados*, sendo que gerentes bem intencionados se vêem envolvidos pelas pressões

do próprio sistema para se chegar ao objetivo de melhorar estes indicadores. Segundo eles, dois erros são cometidos:

(1) a utilização de indicadores *inadequados*, que conduzem ao dispêndio de tempo pelos gerentes tentando melhorar alguma coisa que tem pouco impacto no resultado da empresa.

(2) a falha na utilização do indicador correto, fazendo com que alguma coisa importante para a empresa seja desprezada.

Portanto, o objetivo seria eliminar o *alarme falso*, causado pelo primeiro erro descrito acima, através de um conjunto de indicadores de performance que os gerentes deveriam se ater e adicionar a este conjunto os indicadores de performance que preencheriam as *lacunas* ocasionadas pelo segundo erro descrito. Nesse mesmo artigo, esse autor propõe a utilização de uma técnica relativamente simples para a identificação criteriosa dos melhores indicadores de performance a serem utilizados.

Sendo assim, a metodologia proposta nesta dissertação, tem como preocupação inicial que se defina os indicadores que serão utilizados, para que não ocorram *falsos alarmes* ou *lacunas*, fornecendo resultados a que todo sistema de medição de desempenho confiável se presta.

É interessante salientar que a medição do desempenho tradicional tem como principal preocupação a medição em termos do uso eficiente dos recursos. De acordo com MARTINS & COSTA NETO (1998) os sistemas tradicionais de medição são inadequados frente às novas tecnologias, às novas formas de organização da produção e aos novos conceitos e filosofia da administração.

Segundo WHITE (1996) os indicadores utilizados para se avaliar a performance de uma organização tem historicamente o foco sobre a atividade financeira, como por exemplo, o valor das vendas e lucros ou sobre o retorno sobre os investimentos. Desta maneira, os sistemas de medição do desempenho internos de uma empresa, tendem a ter um caráter financeiro, focalizando principalmente os custos. Os custos talvez sejam os indicadores de performance mais monitorizados pelas empresas. Na prática, as empresas adotam vários métodos e abordagens diversas e cada vez mais complexas para estimá-los e classificá-los. Deste modo podemos notar o efeito da “economia de escala” sobre o sistema de avaliação da performance de uma empresa: fazer mais continua a ter relação com custar menos. Como exemplo podemos citar o



fato de que uma elevação dos custos unitários, decorrente de uma queda no volume de produção pode ser incorretamente interpretada e levar a decisões equivocadas e muitas vezes, contra os princípios da filosofia enxuta. Esta observação pode ser melhor entendida após análise das figuras 4.1 e 4.2.

A figura 4.1 ilustra a relação entre o custo total (soma dos custos fixos com os variáveis) e o volume de produção. Custos fixos são aqueles que não se alteram quando o volume de produção varia. Os custos variáveis são aqueles cujos valores estão diretamente relacionados ao volume de produção. Este gráfico mostra que a proporção custos fixos/ custos totais diminui à medida que o volume aumenta.

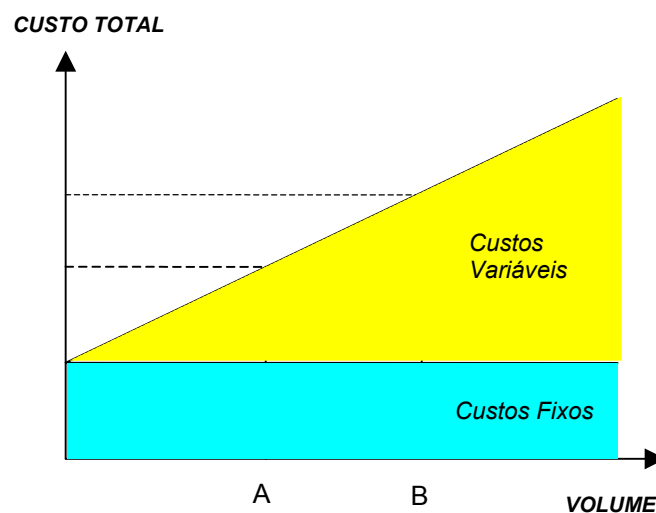


FIGURA 4.1: Custo total X volume.

Já a Figura 4.2 demonstra o que acontece com o custo médio unitário, que é o custo dividido pelo número de unidades produzidas, em relação às variações de volume. Neste gráfico, se o volume produzido for A, o custo total será menor do que se o volume fosse B. Entretanto, o custo médio será maior, devido a menor “diluição” dos custos fixos. Caso o volume produzido for B, o custo total será maior, mas o unitário menor.

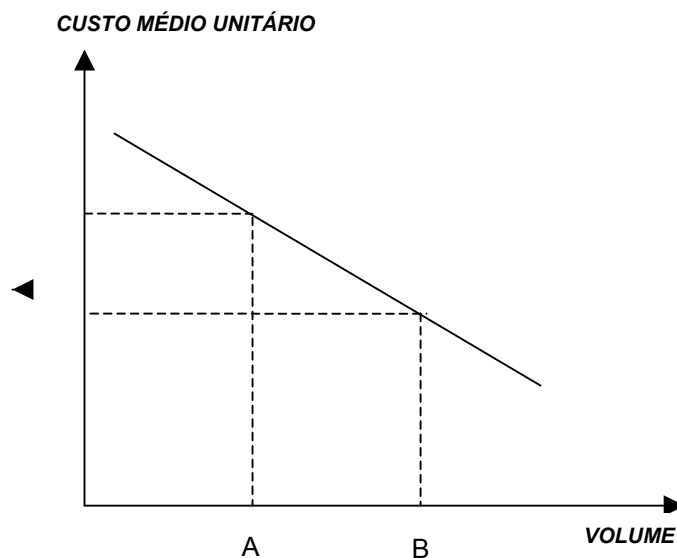


FIGURA 4.2: Custo médio unitário x volume.

Conclui-se, portanto que a economia de escala tem um verdadeiro e real sentido econômico e ainda é realidade para a maioria das empresas. Acontece que ela pode levar a “superprodução”, o que fatalmente conduz ao desperdício.

NEELY (1999) realizou uma extensa pesquisa bibliográfica sobre a medição tradicional e concluiu que este sistema é tão criticado atualmente pelos seguintes motivos:

- Reforça ações de curto prazo, como por exemplo, o atraso no investimento de capital;
- Ausência de foco estratégico e falha na aquisição de dados sobre qualidade, responsividade e flexibilidade;
- Reforça ações direcionadas a processos específicos visando sua otimização;
- Não encoraja os gerentes a buscar a melhoria contínua;
- Falha no momento de conceder informações sobre o que os clientes querem e como os concorrentes estão se comportando.

Como contraponto ao sistema de medição tradicional, os indicadores que serão utilizados neste trabalho foram extraídos dos trabalhos de SÁNCHEZ & PÉREZ (2001) e de KARLSSON & AHLSTRÖM (1996), que desenvolveram modelos

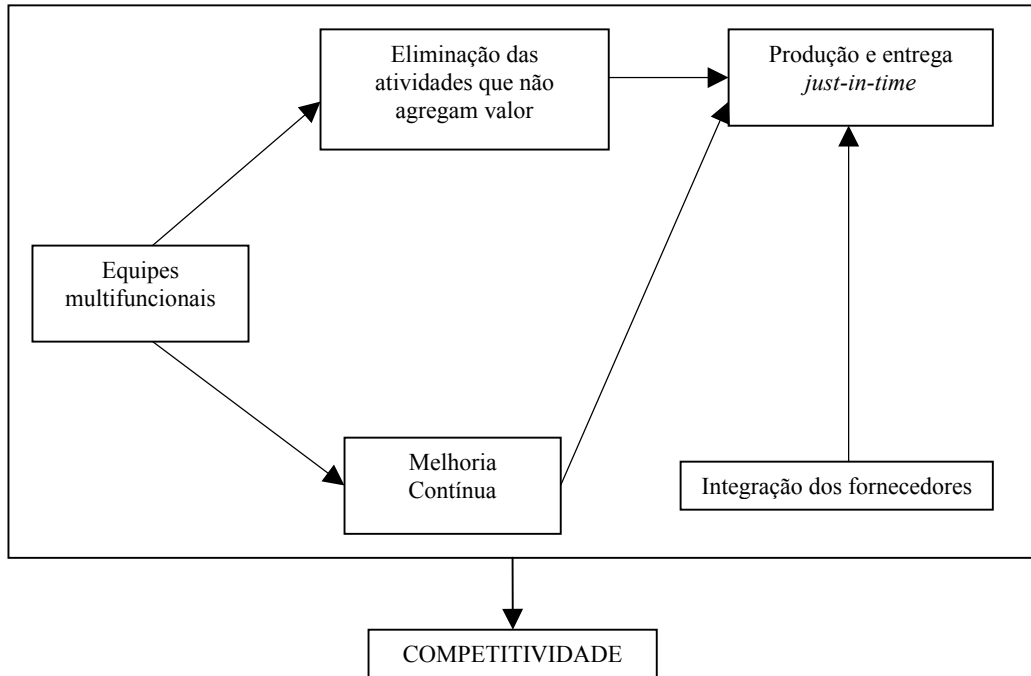
operacionais contendo indicadores baseados na estrutura conceitual criado por WOMACK *et al.* (1990), ou seja, estão calcados dentro da filosofia de produção enxuta.

#### **4.1 Indicadores da produção enxuta**

Nesta seção são apresentados indicadores que visam avaliar se os princípios da produção enxuta contribuem efetivamente para a melhoria da produtividade e da qualidade em uma organização. Sendo assim, o trabalho apresenta uma breve descrição dos indicadores identificados no trabalho de SÁNCHEZ & PÉREZ (2001), que apresentam um *check-list* contendo um número de 36 indicadores enxutos encontrados na literatura. Este trabalho segue o modelo proposto pelo trabalho de KARLSSON & AHLSTRÖM (1996), que visa contribuir de uma maneira empírica com o estudo dos indicadores de desempenho relativos ao ambiente da produção enxuta.

SÁNCHEZ & PÉREZ (2001) relacionam seis grupos de indicadores, sendo que cada grupo é composto de procedimentos básicos da produção enxuta que contribuem para melhorar a performance da empresa. A figura 4.3 ilustra a estrutura básica do modelo de acordo com os princípios encontrados na literatura sobre produção enxuta. Segundo eles nenhuma empresa tentaria implantar todos estes grupos passo a passo, mas entendem que a empresa tenderia a adotar todas as práticas enxutas com o tempo. Sendo assim a empresa viria a necessitar de um *check list* para poder acompanhar as mudanças feitas com a produção enxuta.

Este *check list* possui um número mínimo de indicadores, pois tem o objetivo de ser um modelo simples para a utilização em pequenas e médias empresas. Alguns dos indicadores foram propostos no trabalho de Karlsson e Ahlström, enquanto outros foram obtidos na literatura sobre produção enxuta. A seguir faremos a descrição dos indicadores identificados no *check list* agregando na tabela o escopo que cada indicador possui em relação ao chão-de-fábrica, empresa e cadeia de suprimentos, que serão referenciais na implementação da metodologia que iremos propor.



Fonte: SÁNCHEZ & PÉREZ (2001).

FIGURA 4.3: Um modelo de produção enxuta.

### **Eliminação das atividades que não agregam valor**

Uma dos principais objetivos da produção enxuta é a eliminação de todas as atividades que não agregam valor ao produto ou ao serviço. A Tabela 4.1 mostra os indicadores que podem ser utilizados para avaliar a performance em relação a este parâmetro da produção enxuta, juntamente com a abrangência que cada indicador possui em relação aos três níveis empresariais definidos anteriormente.

TABELA 4.1: Indicadores enxutos relativos à eliminação de atividades que não agregam valor

Indicador	Definição	Abrangência
EF1	Percentual de peças comuns nos produtos da empresa	Empresa
EF2	Valor do estoque em processo em relação ao valor das vendas	Empresa
EF3	Rotação de inventário	Empresa
EF4	Número de vezes e distância percorrida pelas peças no chão de fábrica	Chão-de-Fábrica
EF5	Quantidade de tempo necessário para alterações na linha	Chão-de-Fábrica
EF6	Percentual de manutenção preventiva sobre a manutenção total	Chão-de-Fábrica

Fonte: Adaptado de SÁNCHEZ & PÉREZ (2001).

### Melhoria contínua

Outra característica da produção enxuta é a busca pela melhoria contínua nos produtos e nos processos. Esta busca necessita do envolvimento de todos os funcionários, incluindo os gerentes do primeiro escalão. Ambos são necessários para criar as equipes de melhoria e para treinar estes funcionários. A tabela 4.2 estabelece os indicadores relacionados.

TABELA 4.2: Indicadores enxutos relativos à melhoria contínua

Indicador	Definição	Abrangência
MC1	Número de sugestões dos empregados	Empresa
MC2	Percentual das sugestões implementadas	Empresa
MC3	Economia ou benefícios das sugestões	Empresa
MC4	Percentual das inspeções realizadas através do controle autônomo de defeitos	Chão-de-Fábrica
MC5	Percentual de peças defeituosas ajustadas pelos trabalhadores na linha	Chão-de-Fábrica
MC6	Número de horas-máquina parada devido a quebras em relação ao total do tempo da máquina	Chão-de-Fábrica
MC7	Valor do refugo/retrabalho em relação às vendas	Empresa
MC8	Número de pessoas dedicadas a atividades de controle de qualidade	Chão-de-Fábrica

Fonte: Adaptado de SÁNCHEZ & PÉREZ (2001).

### **Equipes multifuncionais**

A organização do trabalho em equipes multifuncionais facilita a rotação das tarefas e a flexibilidade capaz para acomodar mudanças nos níveis de produção. A Tabela 4.3 expõe estes indicadores.

TABELA 4.3: Indicadores enxutos relativos a equipes multifuncionais.

Indicador	Definição	Abrangência
EQ1	Percentual dos empregados trabalhando em equipes	Empresa
EQ2	Número e porcentagem de tarefas realizadas pelas equipes	Empresa
EQ3	Percentual de empregados que realizam várias tarefas na empresa	Empresa
EQ4	Frequência média da rotação das tarefas	Empresa
EQ5	Percentual dos líderes de equipes que são eleitos por sua própria equipe de trabalho	Empresa

Fonte: Adaptado de SÁNCHEZ & PÉREZ (2001).

### **Produção e entrega *just-in-time***

A filosofia JIT impõe a entrega de qualquer item na quantidade necessária e no tempo necessário, implicando em redução no tamanho dos lotes e diminuição do *lead time*. A Tabela 4.4 demonstra estes indicadores.

TABELA 4.4: Indicadores enxutos relativos à produção e entrega *just-in-time*.

Indicador	Definição	Abrangência
P1	<i>Lead time</i> dos pedidos dos clientes	Cadeia Suprimentos
P2	Percentual das peças entregues <i>just-in-time</i> pelos fornecedores	Cadeia Suprimentos
P3	Nível de integração entre as entregas dos fornecedores e o sistema de controle de produção da empresa	Cadeia Suprimentos
P4	Percentual de peças entregue <i>just-in-time</i> entre seções da produção	Chão-de-Fábrica
P5	Tamanho dos lotes de produção	Chão-de-Fábrica

Fonte: Adaptado de SÁNCHEZ & PÉREZ (2001).

## **Integração de fornecedores**

A integração dos fornecedores é uma das características da produção enxuta que influencia vários departamentos, tais como, pesquisa e desenvolvimento e logística. A tabela 4.5 mostra quais são os indicadores enxutos que podemos lançar mão no momento de avaliar a performance de um sistema de produção.

TABELA 4.5: Indicadores enxutos relativos à integração dos fornecedores

Indicador	Definição	Abrangência
I1	Percentual de peças e componentes projetados em parceria com os fornecedores	Cadeia Suprimentos
I2	Número de sugestões realizadas pelos fornecedores	Cadeia Suprimentos
I3	Frequência com que os técnicos dos fornecedores visitam a empresa	Cadeia Suprimentos
I4	Frequência com que os fornecedores são visitados por técnicos da empresa	Cadeia Suprimentos
I5	Percentual de documentos trocados com os fornecedores através de EDI (transferência eletrônica de dados) ou Intranet	Cadeia Suprimentos
I6	Tamanho médio dos contratos com os mais importantes fornecedores	Cadeia Suprimentos
I7	Número médio de fornecedores para as peças mais importantes	Cadeia Suprimentos

Fonte: Adaptado de SÁNCHEZ & PÉREZ (2001).

## **Sistemas de informação flexíveis**

A produção enxuta prevê uma descentralização nas responsabilidades dos trabalhadores e uma diminuição dos níveis hierárquicos da empresa. A produção enxuta também determina que informações como a previsão de vendas, os planos de produção da empresa, a produtividade ou a performance em relação à qualidade seja difundida por toda a organização. A tabela 4.6 relaciona estes parâmetros.

TABELA 4.6: Indicadores enxutos relativos a sistemas de informação flexíveis

Indicador	Definição	Abrangência
S1	Frequência com que as informações são repassadas aos empregados	Empresa
S2	Número de reuniões informativas entre os gerentes e os empregados	Empresa
S3	Percentual de procedimentos escritos arquivados na empresa	Empresa
S4	Percentual de equipamentos de produção integrados por computador	Empresa
S5	Número de decisões que os empregados podem tomar sem controle do supervisor	Empresa

Fonte: Adaptado de SÁNCHEZ & PÉREZ (2001).

Reiteramos a importância que o foco nos objetivos da manufatura qualidade e produtividade e suas variáveis qualidade, tempo e custo e o grau de abrangência em relação ao chão-de-fábrica, empresa e cadeia de suprimentos possuem no desenvolvimento da nossa metodologia, visto que procuraremos relacionar os indicadores enxutos com estas variáveis.

#### **4.2 Proposta de uma metodologia de avaliação baseada em indicadores de desempenho relativos à produção enxuta.**

A seguir faz-se a proposta de uma metodologia através da utilização dos indicadores enxutos descritos na seção anterior. A metodologia é composta de quatro etapas e tem como objetivo final medir a performance de um sistema de produção em relação aos princípios e técnicas relativos à produção enxuta, servindo como referencial para o acompanhamento das transformações ocorridas através da sua implementação.

É importante salientar que esta metodologia utiliza a simulação computacional, pois segundo DETTY & YINGLING (2000) a ferramenta de simulação permite com que se possa quantificar as melhorias de performance que podem ser esperadas com a implementação dos princípios de fluxo contínuo, gerenciamento do inventário *just-in-time*, qualidade assegurada e programação de produção. A metodologia é apresentada a seguir, sendo que a figura 4.2 demonstra o fluxograma de suas etapas:

ETAPA 0 - Identificar o objetivo: deve-se inicialmente definir quais serão os objetivos principais que são esperados com relação à implementação de princípios relacionados à produção enxuta, ou seja, se a aplicação dos princípios visa os



objetivos da manufatura qualidade ou produtividade separadamente, ou ambos ao mesmo tempo.

ETAPA 1: Definir os índices de desempenho que serão utilizados:. Nesta etapa se define o grau de implantação, pois dependendo do estágio em que os princípios estão (ou serão) implementados, será definida a utilização de dados reais ou simulados e daí selecionado apenas um indicador ou conforme o caso, um conjunto de indicadores apropriados. Utilizando o fluxograma da figura 4.4 e a tabela 4.7 são definidos os indicadores que deverão ser utilizados de acordo com a correlação específica ao nível empresarial que se pretende analisar.

ETAPA 2: Calcular os valores dos indicadores.

ETAPA 3: Análise dos indicadores.

Na figura 4.4, é interessante notar que caso algum princípio ou técnica do pensamento enxuto já esteja implantado, os dados que serão utilizados serão dados reais, extraídos na própria produção, enquanto caso o sistema não esteja implantado, os dados utilizados serão obtidos por simulação.

Também é importante salientar que importantes princípios e técnicas da produção enxuta, como o *empowerment*, a melhoria contínua, o aprendizado, a estrutura gerencial e os sistemas de informação não podem ser avaliados através da ferramenta de simulação computacional, portanto não poderia ser utilizada para obter dados caso a organização tenha definido como foco inicial a empresa ou a cadeia de suprimentos. Sendo assim deve-se considerar esta ferramenta como um auxílio para ajudar a quantificar os benefícios que a produção enxuta poderia trazer caso fosse implementada.

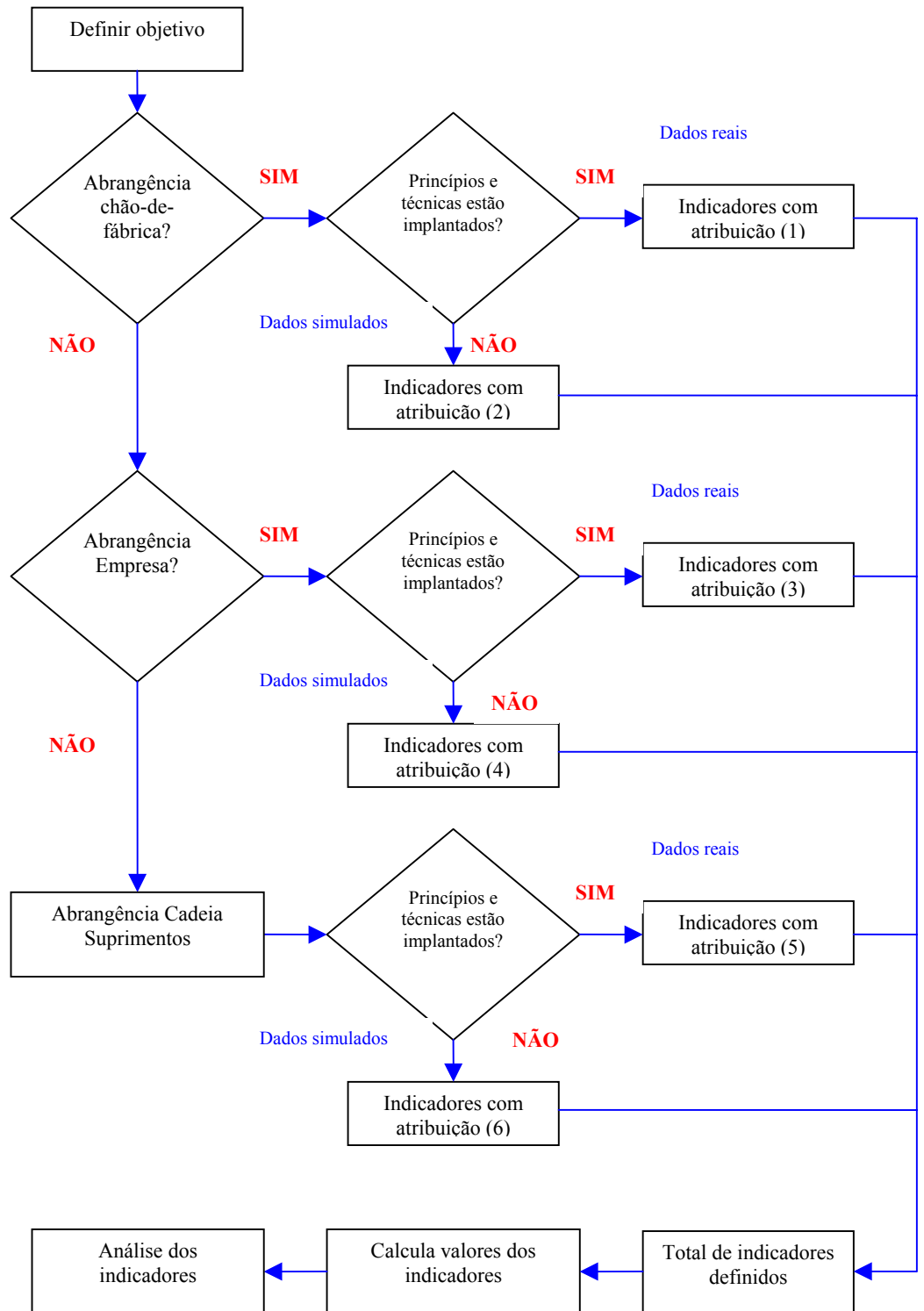


FIGURA 4.4: Metodologia para avaliação da performance de um sistema enxuto de produção.

A seguir a tabela 4.7 relaciona os indicadores enxutos apresentados anteriormente quanto a sua atribuição em relação à sua abrangência e a possibilidade de utilização de dados reais ou simulados descritos no fluxograma da figura 4.4.

TABELA 4.7: Atributos dos indicadores

<b>Indicador</b>	<b>Atribuição</b>
EF1	(3)
EF2	(3)
EF3	(3)
EF4	(2)
EF5	(2)
EF6	(1)
MC1	(3)
MC2	(3)
MC3	(3)
MC4	(1)
MC5	(1)
MC6	(1)
MC7	(4)
MC8	(1)
EQ1	(3)
EQ2	(3)
EQ3	(3)
EQ4	(4)
EQ5	(3)
P1	(6)
P2	(5)
P3	(5)
P4	(1)
P5	(1)
I1	(5)
I2	(5)
I3	(5)
I4	(5)
I5	(5)
I6	(5)
I7	(5)
S1	(3)
S2	(3)
S3	(3)
S4	(3)
S5	(3)

### **4.3 Considerações sobre a proposta**

Atualmente, a maior parte dos indicadores utilizados para se medir a performance de um sistema de produção estão atrelados ao volume e ao ritmo de produção, estando calcados sobre princípios da produção em massa. Este fato constitui um problema de extrema importância, pois quando migramos do conceito de produção em massa para produção enxuta, a incorporação de indicadores inadequados ao sistema de medição de desempenho tende a mascarar grandes avanços que poderiam ser obtidos devido à interpretação inadequada destes medidores.

Aumentando o volume de produção, a economia de escala busca diminuir ao máximo o custo médio unitário dos produtos através da diluição dos custos fixos de produção. Este conceito é perfeitamente aplicável quando a demanda é maior do que a oferta. Apesar de amplamente difundido, pode conduzir a empresa à produção desnecessária de itens, exatamente o oposto do que prega a filosofia enxuta, ou seja, a produção das unidades necessárias, no tempo necessário e na medida em que o cliente puxa a produção.

A busca incessante por melhores padrões de “eficiência” dentro da organização está diretamente ligada aos indicadores relacionados à economia de escala. Na verdade, não é nada interessante para uma empresa produzir unidades que não serão vendidas no curto prazo. O interessante é produzir em função da necessidade do cliente. A maximização da eficiência pode conduzir à superprodução, comprometendo todo o esforço em direção à mentalidade enxuta de produção.

É esperado através da utilização da metodologia proposta que as empresas utilizem-na como uma ferramenta que as permita ter um maior grau de comprometimento com relação à aplicação das técnicas enxutas de produção no início de um projeto de implantação, permitindo com que seja possível a visualização e a mensuração dos esforços dispendidos por uma organização no sentido de se tornar enxuta.

A metodologia também se presta a manter o rumo do projeto de implementação, servindo para guiar os esforços necessários para se vencer os obstáculos que inevitavelmente tenderão a aparecer.

A questão da medição de desempenho tem sido estudada em profundidade durante os últimos anos e várias são as questões levantadas sobre o seu

real potencial com relação à aplicação em empresas de pequeno e médio porte, foco do interesse desta dissertação. Questões sobre se a medição de desempenho seria um “luxo” para pequenas e médias empresas, quais são os indicadores de maior valor agregado para estas empresas, se a relação custo-benefício de se manter um sistema de avaliação de performance é compensador, dentre outras inúmeras questões, estimulam cada vez mais a pesquisa nesta área. Na verdade, os mecanismos de medição de desempenho permitem monitorar a performance passada, ao mesmo tempo em que permite estimular futuras ações. Como as pequenas e médias empresas possuem uma flexibilidade e capacidade de inovar muito grande, estas se constituem em um terreno fértil para o desenvolvimento de novas técnicas e aplicações.

## **5 A APLICAÇÃO E AVALIAÇÃO DA QUARTA ABORDAGEM PARA A PRODUÇÃO ENXUTA**

Neste capítulo demonstra-se a aplicação de cada um dos três princípios da quarta vertente do pensamento enxuto demonstrada no capítulo anterior em uma empresa metal-mecânica do setor médico-hospitalar fabricante de próteses valvares, endopróteses, equipamentos eletromédicos e produtos descartáveis utilizados na área de cirurgia cardíaca. Para isso uma breve apresentação da empresa é realizada, seguida da aplicação propriamente dita.

### **5.1 A Empresa**

A empresa do estudo de caso está localizada na cidade de São José do Rio Preto e foi fundada no ano de 1977 pelo cirurgião cardíaco Dr. Domingo M. Braile. O seu surgimento se deu através da proposta básica de suprir a demanda brasileira de produtos utilizados em cirurgia cardíaca e da necessidade de se baixar os custos dessas cirurgias. Toda a empresa se consolidou ao redor da fabricação de válvulas biológicas, onde a empresa produz com tecidos extraídos do boi e do porco, a maioria das válvulas utilizadas nas cirurgias cardíacas realizadas no Brasil. Atualmente a empresa é detentora de metade do mercado de próteses valvares biológicas do mercado brasileiro e possui uma participação expressiva no mercado das chamadas cirurgias minimamente invasivas, com a utilização das próteses endovasculares auto-expansíveis (*Stents*).

A empresa fabrica toda a linha de oxigenadores, reservatórios e filtros de sangue utilizados em cirurgias com circulação extracorpórea (CEC). Segundo SOUZA & ELIAS (1995) a circulação extracorpórea em um sentido mais amplo, compreende o conjunto de máquinas, aparelhos, circuitos e técnicas, mediante as quais se substituem temporariamente, as funções do coração e dos pulmões, enquanto aquele órgão fica excluído da circulação. As funções de bombeamento do coração são desempenhadas por uma bomba mecânica e as funções do pulmão são substituídas por um aparelho capaz de realizar as trocas gasosas com o sangue. Um número de tubos plásticos une os diversos componentes desse sistema entre si e ao paciente, constituindo a porção extracorpórea da circulação. A oxigenação do sangue, o seu bombeamento e circulação, fazem-se externamente ao organismo do indivíduo

Os oxigenadores são equipamentos descartáveis que atuam como os pulmões de um indivíduo, ou seja, mantêm o sangue oxigenado durante a realização de um procedimento cirúrgico. No caso dos oxigenadores de membrana, a membrana que dá nome ao aparelho é feita de polipropileno e através de um mecanismo de permeabilidade permite a transferência de oxigênio para o sangue do paciente, ao mesmo tempo em que retira o gás carbônico. Utilizam-se no Brasil uma média de 40 mil destes aparelhos anualmente, que corresponde a 10% do mercado americano e 5% do mercado mundial. Os maiores consumidores destes produtos são Estados Unidos, União Européia, Canadá e Japão. A empresa está posicionada como uma das 7 principais empresas produtoras de oxigenadores do mundo e exporta 15% da produção de seus mais de 250 itens para mais de 21 países da África, Europa, Oriente Médio, América do Sul e Ásia,

Além disso, a empresa atua também no setor de fabricação de equipamentos eletromédicos, produzindo uma gama variada de produtos, com destaque para a bomba de circulação extracorpórea, que realiza a função do coração quando este necessita ser paralisado em uma cirurgia.

Atualmente a empresa conta com aproximadamente 350 colaboradores diretos e pode ser considerada a única empresa brasileira do segmento com tecnologia 100% nacional.

O estudo de caso enfocará os setores de produção responsáveis pela fabricação dos componentes utilizados na montagem dos produtos descartáveis. Estes setores foram denominados como setores de injeção, moldagem e usinagem. Todos os dados foram coletados pelo pesquisador, que possui uma grande experiência nos processos estudados uma vez que este trabalha como supervisor de PCP na empresa do estudo de caso. Todos os dados coletados são referentes aos produtos e processos destes setores propriamente ditos e foram coletados no primeiro semestre do ano de 2002.

A seguir é feita a aplicação dos três princípios da quarta vertente do pensamento enxuto proposto por FERNANDES *et al* (2003).

## **5.2 A Aplicação do Primeiro Princípio: Simplifique ao Máximo o fluxo de Materiais**

Esta seção tem a intenção de aplicar o conceito da análise do fluxo de produção (PFA) proposto por BURBIDGE (1996) para que se consiga obter a simplificação do fluxo de materiais dentro da empresa estudada. Para a aplicação do primeiro princípio, utilizaram-se as etapas FFA (análise do fluxo da fábrica) e GA (análise de grupo) da metodologia do PFA, conforme descrito na seção 3.1.1. Assim, tem-se a intenção de agrupar os itens em famílias de produtos e as máquinas em grupos (*layout* celular). A seguir as etapas são caracterizadas.

### **5.2.1 Análise do fluxo de produção (PFA)**

Relembrando o que foi dito anteriormente no trabalho, o estudo de caso trabalhará com as etapas FFA e GA, visto que estará estudando apenas uma parte da empresa que só possui uma planta, fazendo com que a etapa da Análise do Fluxo da Companhia (CFA) não seja indicada. Além disso, as duas etapas finais (LA e TA) também não serão aplicadas pois já teremos conseguido a simplificação do fluxo de materiais, com a aplicação das duas etapas intermediárias (FFA e GA).

#### **5.2.1.1 Análise do fluxo da fábrica (FFA)**

O FFA é o segundo estágio do PFA e segue o CFA. O FFA é utilizado para planejar a mudança nas fábricas de departamentos de processamento de componentes baseados na organização por processo, especializados em um processo específico, para departamentos baseados na organização por produtos, que realiza a fabricação de grupos ou famílias específicas de componentes (BURBIDGE, 1996).

O estudo de caso partiu de uma relação de componentes fabricados dentro das 3 seções descritas no item 5.1 e de todos os equipamentos que estão disponíveis para a fabricação destes componentes, procurando assim agrupar os componentes e as máquinas baseados na organização por produto para que estes abranjam todos os componentes da empresa.

Para BURBIDGE (1996) a técnica FFA segue uma série fixa de quatro passos que serão descritos em detalhes a seguir:



(a) Estudar o sistema de fluxo existente

1. Encontrar um código para todos os processos
2. Desenhar um gráfico de frequência PRN (Process Route Number). O PRN é um código que lista todos os números de códigos de processo utilizados para se fazer determinado componente, na seqüência em que estes serão utilizados.
3. Desenhar uma rede de fluxo de materiais inicial
4. Calcular os números de transferências entre os processos
5. Desenhar um gráfico DE/PARA
6. Checar a precisão da rede

(b) Simplificar pelo método 1 (combinação)

7. Listar os PRN em seqüência decrescente
8. Desenhar uma rede primária
9. Listar os PRN para a rede primária
10. Simplificar por combinação
11. Planejar divisão em estágios do processo
12. Desenhar uma rede simplificada
13. Encontrar os outros PRN que se encaixam

(c) Simplificar pelo método 2

14. Encontrar os caminhos de fluxo inaceitáveis nos PRN remanescentes
15. Desenhar um gráfico “*home and away*”
16. Desenhar a planta onde for possível
17. Desenhe uma rede simplificada
18. Encontre os outros PRN que se encaixam

(d) Especificação final dos departamentos

19. Desenhe uma lista de exceções
20. Elimine exceções
21. Agrupe as listas de partes em famílias maiores

## 22. Agrupe as listas de máquinas em grupos maiores

Neste ponto, parte-se agora para a aplicação do FFA na empresa do estudo de caso, dentro dos setores de usinagem, moldagem e injeção, como descritos anteriormente na seção 5.1. O primeiro passo da metodologia do FFA tem a intenção estudar o sistema de fluxo de materiais existentes dentro da fábrica, para visualizarmos como é o fluxo de materiais.

O primeiro passo da metodologia é codificar todos os processos da empresa. Para isto elaborou-se a tabela 5.1 que nos mostra os códigos e os processos que serão relacionados a cada código.

TABELA 5.1: Código dos Processos.

<b>CÓDIGO</b>	<b>PROCESSO</b>
1	INJEÇÃO
2	CORTE
3	CENTRÍFUGA
4	PRENSA
5	TORNO
6	FURADEIRA
7	FRESA
8	RASQUETE

Dando seqüência à metodologia, deve-se agora desenhar um gráfico de frequência PRN. Constrói-se então o gráfico de frequência PRN conforme a tabela 5.2 demonstrada abaixo, que nos mostra todos os PRNs existentes nos setores de usinagem, moldagem e injeção e o número de itens que passam por cada um deles.

TABELA 5.2: Tábua de Frequência PRN.

<b>PRN</b>	<b>Nº de itens</b>
1	10
5	3
15	11
16	1
17	3
18	78
23	4
25	1
56	2
58	1
178	1
236	3
237	2
245	2
248	2
258	9
278	1
578	3
1568	2
2367	1
2368	1
2378	2
2456	7
2457	4
2458	6
23578	8
24568	11
24578	2
24678	2
245678	2
<b>30 PRNs</b>	<b>185 itens</b>

A tabela de frequência PRN agrega todos os dados necessários para desenhar uma rede de fluxo de materiais que flui por entre os processos. A figura 5.1 nos dá uma visão clara sobre como é a rede de fluxo para os PRNs descritos na tabela 5.2. Por exemplo: o PRN 17 indica que 3 itens passam primeiro pela injeção (processo 1) e depois pela fresa (processo 7). Deve-se procurar uma rede de fluxo o mais simplificado possível, para que seja possível enxergar quão complexo é o fluxo de materiais neste estágio primário do estudo de caso.

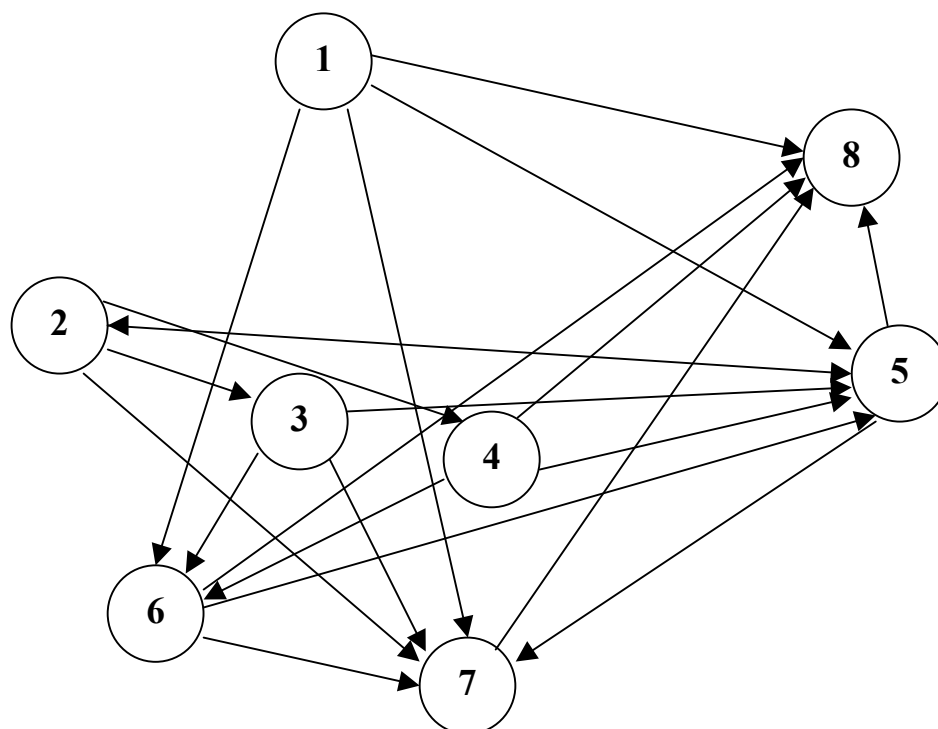


FIGURA 5.1: Rede de fluxo de materiais inicial.

As última etapas da primeira fase do passo número 1 da metodologia FFA pede para que desenhemos um gráfico DE/PARA, para que se possa ver as relações existentes entre os processos e que efetuemos uma checagem para verificar a acuracidade do gráfico DE/PARA. A Tabela 5.3 nos mostra o gráfico DE/PARA e a checagem da rede de fluxo, esta última incluída no próprio gráfico DE/PARA.

TABELA 5.3: Gráfico DE/PARA.

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>From</b>	<b>End</b>	<b>Sum</b>
<b>1</b>					<b>13</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>78</b>	<b>96</b>	<b>10</b>	<b>106</b>
<b>2</b>			<b>20</b>	<b>38</b>	<b>9</b>				<b>67</b>		<b>67</b>
<b>3</b>									<b>17</b>	<b>4</b>	<b>21</b>
<b>4</b>					<b>8</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>38</b>		<b>38</b>
<b>5</b>					<b>34</b>	<b>2</b>			<b>57</b>	<b>17</b>	<b>74</b>
<b>6</b>						<b>24</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>13</b>	<b>32</b>
<b>7</b>							<b>5</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>10</b>	<b>31</b>
<b>8</b>								<b>21</b>		<b>131</b>	<b>131</b>
<b>Into</b>			<b>20</b>	<b>38</b>	<b>64</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>131</b>		<b>185</b>	<b>500</b>
<b>Start</b>	<b>106</b>	<b>70</b>			<b>9</b>				<b>185</b>		
<b>Sum</b>	<b>106</b>	<b>70</b>	<b>20</b>	<b>38</b>	<b>73</b>	<b>32</b>	<b>30</b>	<b>131</b>	<b>500</b>		

Continuando com a metodologia FFA, deve-se agora passar ao segundo passo, que seria a simplificação do fluxo pelo chamado Método 1. Isto envolve a combinação de processos fortemente associados em departamentos que podem completar a maioria dos componentes que eles produzem. Deve-se neste passo, tentar alocar o maior número de PRNs possíveis em uma rede de fluxo de materiais simplificada. O objetivo principal do Método 1 é atingir uma rede de materiais simplificada. Para isto, deve-se ir desenhando uma rede de fluxo de materiais de acordo com a ordem decrescente de PRNs, conforme a Tabela 5.4 abaixo e montar uma rede de fluxo de materiais simplificado conforme figura 5.2.

TABELA 5.4: PRNs em ordem decrescente.

PRN	NR. PEÇAS
18	78
15	11
24568	11
1	10
258	9
23578	8
2456	7
2458	6
23	4
2457	4
5	3
17	3
236	3
578	3
56	2
237	2
245	2
248	2
1568	2
2378	2
24578	2
16	1
25	1
58	1
178	1
278	1
2368	1
TOTAL	180 PEÇAS
<b>27/30 PRN (90%) cobrem 180/185 peças (97,3%)</b>	

Como podemos observar a rede de fluxo conseguida neste trabalho já é extremamente simplificada, fazendo com que o nível de complexidade tenha caído drasticamente. Conseguimos atingir o índice de 97,3% de peças possíveis de serem produzidas dentro deste fluxo simplificado e os outros PRNs que não entraram no escopo desta rede e mostrados na tabela 5.5 serão tratados no próximo passo

É importante comparar as redes de fluxo das figuras 5.1 com a nova rede de fluxo simplificada da figura 5.2 e notar que a segunda é muito menos complexa e extremamente simplificada em relação à rede de fluxo inicial.

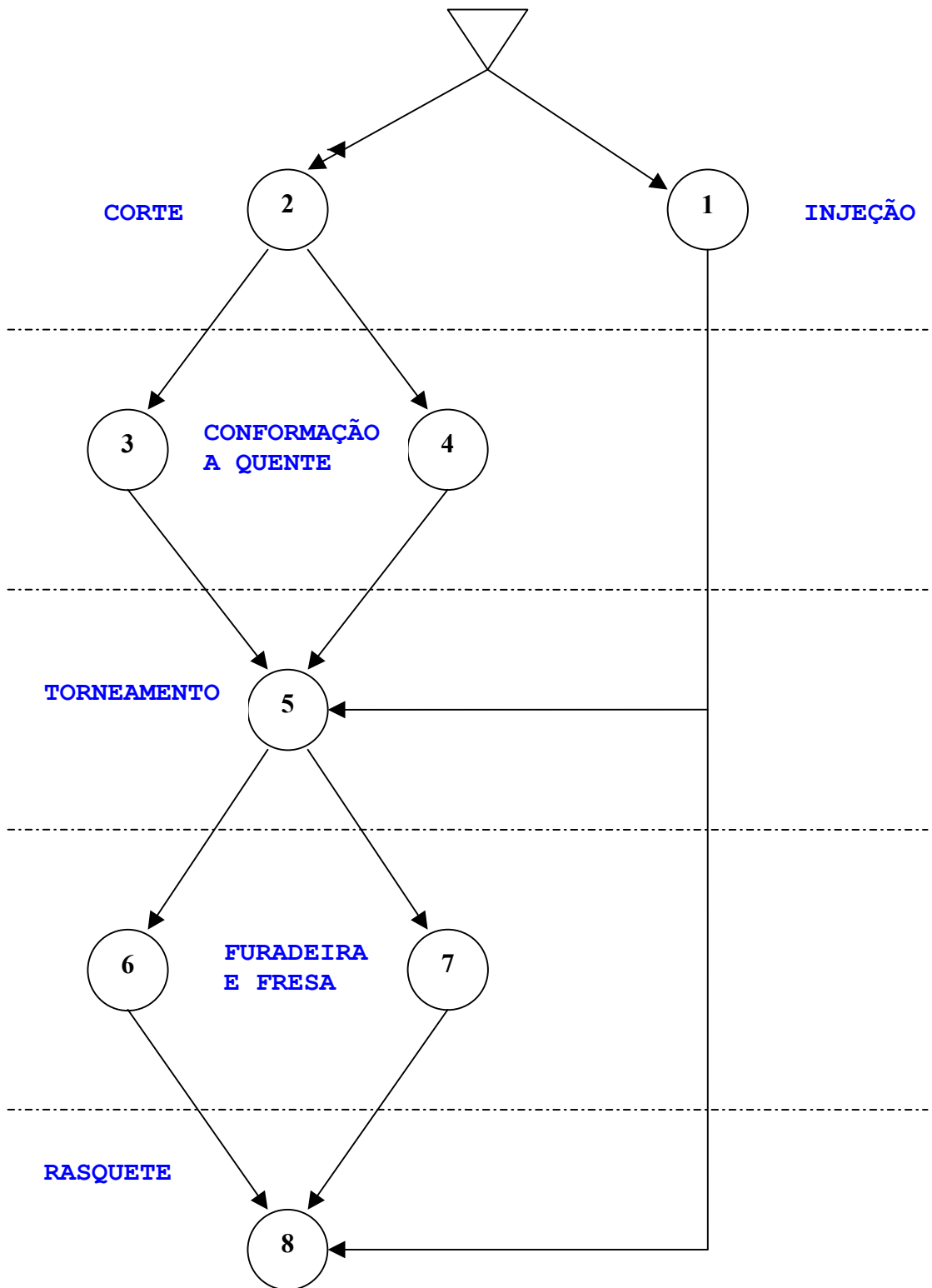


FIGURA 5.2: Rede de Fluxo de materiais simplificada.

Após a realização desta etapa, passamos agora para o outro passo da metodologia FFA, que seria a simplificação pelo método 2. Este passo, examina a possibilidade de se aumentar o número de PRNs e partes que podem ser acomodadas pelo novo sistema de fluxo de materiais simplificado.

A primeira fase deste passo (a simplificação pelo método 2) seria encontrar os PRNs que não se encaixaram na rede de fluxo projetada na etapa anterior e desenhar uma tabela “*home and away*”. Esta tabela tem o objetivo de indicar porque cada PRN não pode ser alocado na rede de fluxo simplificada e deve nos mostrar:

- 1) O departamento “*home*”, responsável pela operação principal de processamento.
- 2) O departamento “*away*”, ou terceirizado, responsável por qualquer operação intermediária.
- 3) O tipo de máquina utilizado pelo departamento “*away*”

A tabela 5.5 nos mostra o gráfico “*home and away*” para o nosso caso.

TABELA 5.5: Gráfico “*home and away*”.

PRN	Nº. de itens	Departamento “HOME”	Departamento “AWAY”	Operação “Away”	Transferência	PRN revisado
2367	1	3	6	Furar	Furar de 6 para 7	237
24678	2	4	6	Furar	Furar de 6 para 7	2478
245678	2	5	6	Furar	Furar de 6 para 7	24578

Analisando o processo, descobre-se que todos os PRNs podem ser eliminados das exceções “*home and away*” realizando uma simples transferência citada no gráfico. A explicação para esta transferência pode ser explicada da seguinte maneira:

- A operação de furação pode ser transferida da furadeira para a fresadora sendo que o contrário não é verdadeiro, pois uma furadeira não realiza serviços de fresagem. Por isso escolhemos a furação como a operação a ser transferida. Além de conseguirmos executar todas as operações de furação na fresadora, eliminando todas as furadeiras e ganhando assim em economia pela redução no número de máquinas



utilizadas e todas as despesas relacionadas a ela (manutenção, depreciação de equipamentos, etc), teríamos também uma melhora substancial na qualidade dos produtos, visto que as furadeiras de bancada utilizadas não possuem a mesma precisão dimensional na execução de peças furadas que uma fresadora proporciona.

Após o desenho do gráfico “*home and away*”, nota-se que a rede de fluxo simplificado permanece a mesma da figura 5.2, porém agora incorporando 100% dos PRN.

BURBIDGE (1996) coloca que sempre ocorre um número muito pequeno de peças (geralmente menor que 2%) que não se encaixam na rede de fluxo simplificada (que não foi o nosso caso). Portanto devemos examinar todos os desenhos e os cartões de rota para ver se são possíveis eles se encaixarem. Para ele, há três possíveis soluções:

- Mudar o método de produção.
- Mudar o projeto da peça.
- Comprar a peça ao invés de fabricá-la.

Uma solução será sempre possível utilizando uma destas três possíveis alternativas.

A dissertação conseguiu então, até este ponto, uma rede de fluxo de materiais entre departamentos e máquinas extremamente simplificado, comparado ao fluxo inicial que tínhamos antes. Passamos agora para a etapa de análise de grupo, que é a terceira das subtécnicas que utilizaremos dentro da metodologia do PFA.

### **5.2.1.2 Análise de grupo (GA)**

Segundo AKRIGHT & KROLL (1998) a formação de famílias de peças visando atingir o conceito de fabricação em células de manufatura, tem sido nos últimos tempos a mais forte abordagem para o aumento da produtividade em ambientes *job shop*. De acordo com AGARWAL & SARKIS (1998), a tecnologia de agrupamento de peças em famílias foi criada no ambiente de produção industrial da ex-União Soviética por Mitrofanov nos anos de 1940 e 1950 em resposta às dificuldades encontradas do gerenciamento de grandes instalações *job shop*.

Para BURBIDGE (1975) a análise de grupo deve ocorrer em oito passos principais, que iremos seguir dentro do nosso estudo caso. Os passos são demonstrados abaixo:

- 1 – Utilize cartões de rota renumerados
- 2 – Faça a alocação dos roteiros em conjuntos
- 3 – Desenhe o gráfico conjunto X máquina
- 4 – Encontre as famílias e grupos
- 5 – Cheque as cargas e faça a alocação dentro da planta
- 6 – Elimine exceções
- 7 – Especifique os grupos e famílias
- 8 – Desenhe a rede de fluxo inicial

BURBIDGE (1996) afirma que o objetivo principal da análise de grupo (GA) é formar grupos em que:

- Todas as peças devem ser completadas através do estágio de processamento mais importante para ela.
- Todos os grupos ou células, possuem todas as máquinas e equipamentos necessários para fabricar aquela determinada família de componentes.
- Utiliza as instalações existentes, sem a necessidade de se comprar equipamentos.
- Utiliza os processos existentes com pequenas modificações quando ocorre o caso de alguma exceção.

A seguir o trabalho demonstra como fizemos a aplicação da metodologia GA no nosso estudo de caso.

Lembramos que a simplificação do fluxo de produção, primeiro princípio da abordagem da produção enxuta de FERNANDES *et al* (2003), pode ser alcançada com a utilização de um software desenvolvido neste trabalho para a elaboração de *layout* celular e que será tratado na próxima seção.

É interessante salientar que na etapa da análise do fluxo de fábrica (FFA) somente era necessário conhecer a série de departamentos visitados por cada componente. Na análise de grupo (GA), devemos conhecer agora quais máquinas são visitadas por este componente.

O primeiro passo seria a renumeração dos cartões de rota e alocar estes roteiros em famílias.

No estudo de caso, foi feito um agrupamento dos componentes em 30 famílias segundo a rota de processamento que cada um tinha dentro dos departamentos. Esta relação de componentes é a mesma do PRN já demonstrado anteriormente e pode ser visualizada na tabela 5.6.

TABELA 5.6: Família de Produtos.

<b>Família de Produtos</b>	<b>PRN</b>	<b>Nº de itens</b>
1	1	10
2	5	3
3	15	11
4	16	1
5	17	3
6	18	78
7	23	4
8	25	1
9	56	2
10	58	1
11	178	1
12	236	3
13	237	2
14	245	2
15	248	2
16	258	9
17	278	1
18	578	3
19	1568	2
20	237 (antigo 2367)	1
21	2368	1
22	2378	2
23	2456	7
24	2457	4
25	2458	6
26	23578	8
27	24568	11
28	24578	2
29	2478 (antigo 24678)	2
30	24578 (antigo 245678)	2

A tabela 5.7 exhibe a construção do gráfico família de componentes x máquinas, ilustrando o roteiro que cada família de peças percorre por entre as máquinas. A tabela 5.8 exhibe a divisão das máquinas em grupos.





Conforme a Tabela 5.8 nos mostra, podemos visualizar a formação de 4 grupos, que denominaremos como abaixo:

- Grupo 1: Grupo dos componentes **injetados**, composto pelas famílias **1,3,4,5,6,11 e 19**.

- Grupo 2: Grupo dos componentes moldados pelo processo de centrifugação à quente, que chamaremos apenas de **centrifugados** e se compõem pelas famílias **7,13,20,21,22,26 e 12**.

- Grupo 3: Grupo dos componentes moldados pelo processo de conformação à quente, que denominaremos apenas de **prensados** e se compõem pelas famílias **25,14,15,23,24,27,28,29 e 30**

- Grupo 4: Grupo dos componentes **usinados**, composto das famílias **8,9,10,16,17,18 e 2**.

A tabela 5.9 nos mostra um resumo dos grupos propostos, das máquinas necessárias em cada grupo e do número de máquinas que temos disponíveis atualmente dentro da planta.

TABELA 5.9: N° máquinas por grupo.

MÁQUINAS	GRUPO INJETADOS	GRUPO CENTRIFUGADOS	GRUPO PRENSADOS	GRUPO USINADOS	MÁQUINAS DISPONÍVEIS
<b>INJETORA</b>	<input type="checkbox"/>				5
<b>CORTE</b>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1
<b>CENTRÍFUGA</b>		<input type="checkbox"/>			2
<b>PRENSA</b>			<input type="checkbox"/>		4
<b>TORNO</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
<b>FURADEIRA</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4
<b>FRESA</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2
<b>RASQUETE</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4

Através da análise da tabela 5.9, podemos notar que temos problemas com a máquina de corte (operação 2), pois temos 3 máquinas necessárias e apenas 1 disponível e nas fresadoras (operação 7), aonde temos 4 máquinas necessárias e apenas 2 disponíveis.

BURBIDGE (1996) desenvolveu um método para lidar com estas exceções quando ocorre este tipo de problema dentro da Análise de Grupo. Este método é composto de 5 itens, que podem ser utilizados independentemente um do outro e podem ser utilizados em conjunto, caso seja necessário. São eles:

- 1) Replanejamento de métodos do processo.
- 2) Combinação de Grupos.
- 3) Utilização de Centros de serviços.
- 4) Mudança no projeto dos componentes.
- 5) Comprar os itens ao invés de produzi-los.

No nosso caso resolvemos tratar as exceções da seguinte maneira:

O caso da máquina de corte e da fresadora podem ser facilmente resolvidos pela utilização do método 3 descrito acima. Neste caso, a máquina de corte e a fresadora se tornariam centros de serviço, disponibilizando peças cortadas e fresadas para todas as famílias que utilizam estas máquinas. BURBIDGE (1996) demonstra uma grande preocupação com a análise da capacidade, tendo como objetivo a constatação se na divisão dos grupos não teremos alguma máquina que ficou sobrecarregada. Após a análise dos nossos resultados, concluímos que esta solução é perfeitamente viável, pois as máquinas ficariam ociosas durante a maior parte do dia se trabalhassem dentro de apenas uma célula de produção.

Teríamos agora a distribuição das máquinas conforme tabela 5.10 abaixo:

TABELA 5.10: Nº máquinas por grupo após implantação 3º método.

MÁQUINAS	GRUPO INJETADOS	GRUPO CENTRIFUGADOS	GRUPO PRENSADOS	GRUPO USINADOS
<b>INJETORA</b>	<input type="checkbox"/>			
<b>CORTE</b>		<b>CENTRO DE SERVIÇO</b>		
<b>CENTRÍFUGA</b>		<input type="checkbox"/>		
<b>PRENSA</b>			<input type="checkbox"/>	
<b>TORNO</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>FURADEIRA</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>FRESA</b>	<b>CENTRO DE SERVIÇO</b>			
<b>RASQUETE</b>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



A figura 5.3 nos mostra a rede de fluxo de materiais para os quatro grupos do estudo de caso.

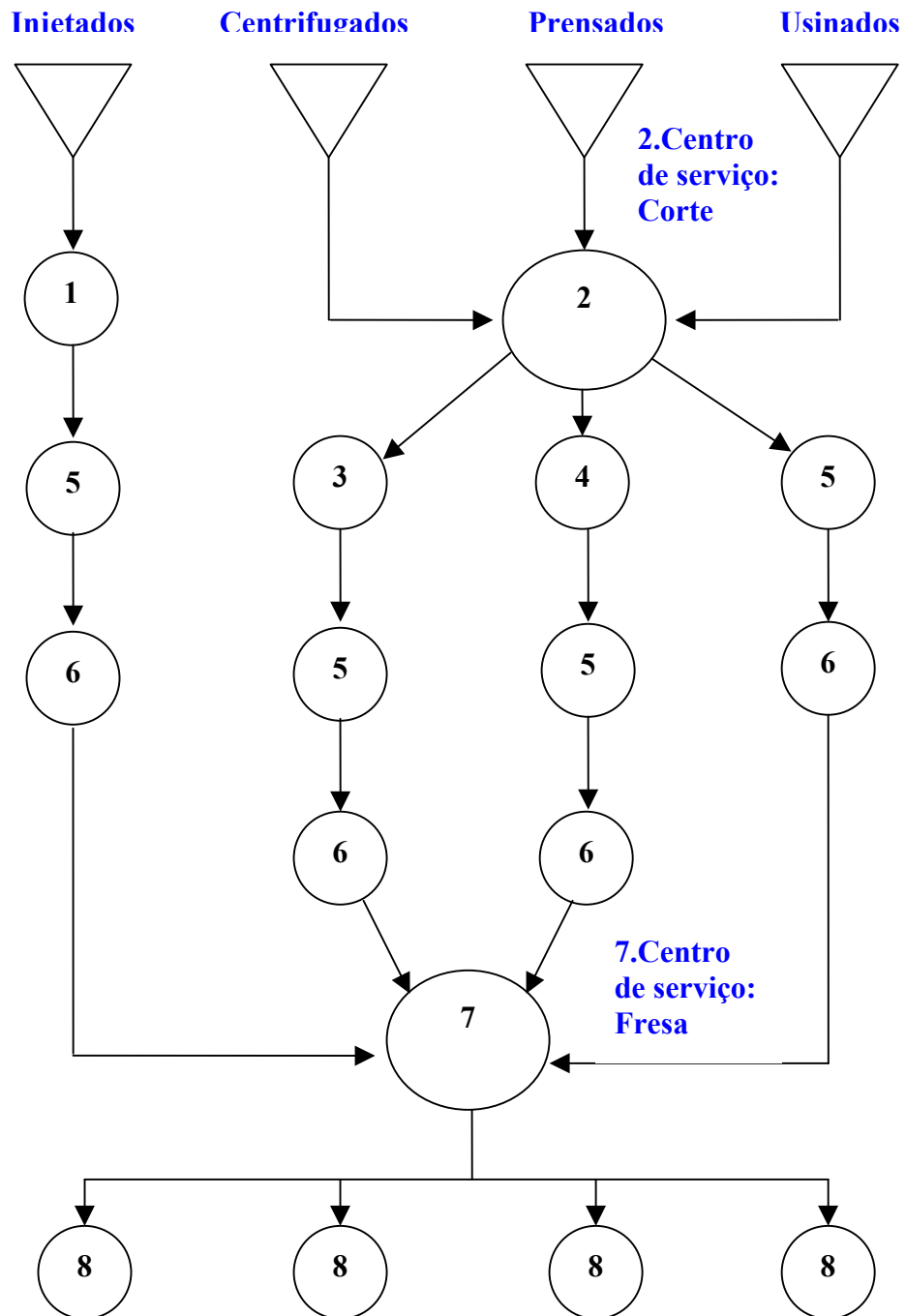


FIGURA 5.3: Rede de fluxo de materiais com centros de serviços.

No início deste capítulo, foi dito que a Análise do Fluxo de Produção é composta de mais duas sub-técnicas: a Análise de Linha (LA) e a Análise de

Ferramental (TA). Estas duas sub-técnicas não farão parte do estudo de caso, pois a simplificação do fluxo de material, objetivo inicial do estudo, foi conseguida. Assim, o primeiro princípio dentro da quarta abordagem da produção enxuta, proposta em FERNANDES *et al* (2003) já foi aplicado e bem ilustrado pelo estudo de caso.

### 5.2.2 O desenvolvimento do software

Esta dissertação é complementada por um software que auxilia na tarefa de agrupar as peças em famílias e as máquinas em grupos de tal forma que cada família de peças possa ser totalmente processada dentro de cada célula. Nesta seção será demonstrado como foi realizada a construção do software, a metodologia com que ele realiza o processamento dos dados e a aplicação dos nossos dados do estudo de caso para verificar sua eficácia.

A Análise de Grupo (GA) tem a intenção de formar uma matriz Peça x Máquina, onde as linhas são a representação das peças e as colunas a representação das máquinas utilizadas para a fabricação destas peças. Esta técnica requer informações muito precisas sobre os processos de fabricação utilizados por cada peça.

Cada elemento desta matriz pode ser definido da seguinte maneira:

$x_{ij} = 1$  se componente  $i$  é fabricado na máquina  $j$ ;

$x_{ij} = 0$  caso ocorra o inverso.

A Análise de Grupo (GA) realizada na seção anterior com os dados do estudo de caso foi realizada através da aplicação de um método manual. Entretanto torna-se extremamente trabalhoso e até impossível manipular matrizes com uma ordem de grandeza muito grande com relação ao seu número de linhas e colunas. Como a idéia básica na formação dos grupos dentro das matrizes é desenvolver uma matriz através da manipulação dos dados contidos nela, fazendo com que os elementos da matriz que contém os números 1 se alinhem ao longo da diagonal principal da matriz, é de fundamental importância o desenvolvimento de um software para auxiliar na aplicação da Análise de Grupo (GA) da metodologia do PFA, caso deparemos com uma matriz de tamanho muito grande.

### 5.2.2.1 O algoritmo

Existem vários algoritmos que são utilizados para realizar o agrupamento das máquinas e componentes através do rearranjo da matriz de modo a obter grupos de máquinas e componentes, alinhados ao longo da diagonal principal da matriz. Segundo GONÇALVES FILHO (1990) os mais conhecidos são o “Rank Order Method (ROC)”, proposto por KING (1980) e o “Direct Clustering Algorithm (DCA)” proposto por CHAN & MILNER (1982). Segundo ele, vários outros algoritmos baseados na teoria da análise de agrupamentos podem ser encontrados na literatura, mas este trabalho tem apenas a intenção de focalizar os dois algoritmos acima, por serem os mais utilizados.

O método ROC é realizado de maneira que as linhas e colunas da matriz sejam lidas na forma de números binários, ou seja, números compostos por zeros e uns, sendo rearranjados segundo a ordem decrescente de seus valores, sendo este procedimento repetido até que nenhuma modificação na matriz seja detectada.

Em seguida temos o algoritmo DCA, que é o algoritmo utilizado no software desenvolvido neste trabalho. Este trabalho procura dar uma visão mais pormenorizada deste algoritmo, sendo que sua escolha se deve ao fato da extrema facilidade da sua conversão em linguagem de programação. O primeiro passo deste algoritmo tem a finalidade de realizar a somatória do número de células da matriz peça-máquina que contém o número 1 e posicionar estas somatórias ao final de cada linha e coluna. Feito isto, a matriz é rearranjada com colunas em ordem decrescente deste valor e as linhas em ordem crescente.

O segundo passo inicia-se com a primeira coluna, onde as linhas com células positivas são movidas para cima. Realiza-se este procedimento para todas as colunas. O mesmo procedimento deve ser seguido pelas linhas, onde as colunas com células positivas devem ser movidas para a esquerda. Este segundo passo deve ser repetido até que todas as modificações possíveis na matriz sejam realizadas. A figura 5.4 ilustra os passos do algoritmo proposto por CHAN & MILNER (1982).

**1 – Determine o número “K” de “1” em cada linha e coluna. Rearranje a matriz componente máquina com colunas em ordem decrescente de “K” e linhas em ordem crescente de “K”.**

**2 – Iniciando com a primeira coluna da matriz, transfira as linhas possuindo “1” nesta coluna, para o topo da matriz. Repita o procedimento com a segunda coluna e a seguir com as colunas restantes até que todas as linhas sejam rearranjadas.**

**3 – Se esta matriz for igual a matriz imediatamente precedente, então vá para 6. Caso contrário, vá para 4.**

**4 – Iniciando com a primeira linha da matriz, transfira as colunas possuindo “1” nesta linha, para a posição mais à esquerda da matriz. Repita o procedimento com a segunda linha e a seguir com as outras linhas até que todas as colunas**

Fonte: CHAN & MILNER (1982).

FIGURA 5.4: Direct-Cluster Algorithm (DCA).

#### **5.2.2.2 O software**

O programa desenvolvido na dissertação, denominado de *Direct Clustering Method* (DCM) é um software escrito em linguagem de programação Delphi e visa a formação de grupos de máquinas versus famílias de peças, a partir de dados sobre os processos. Cada máquina deve ser codificada e através da utilização destes códigos deve-se definir o roteiro de fabricação que cada peça possui através das máquinas até que esta seja fabricada.

A figura 5.5 mostra como o programa se apresenta em sua tela inicial de abertura.

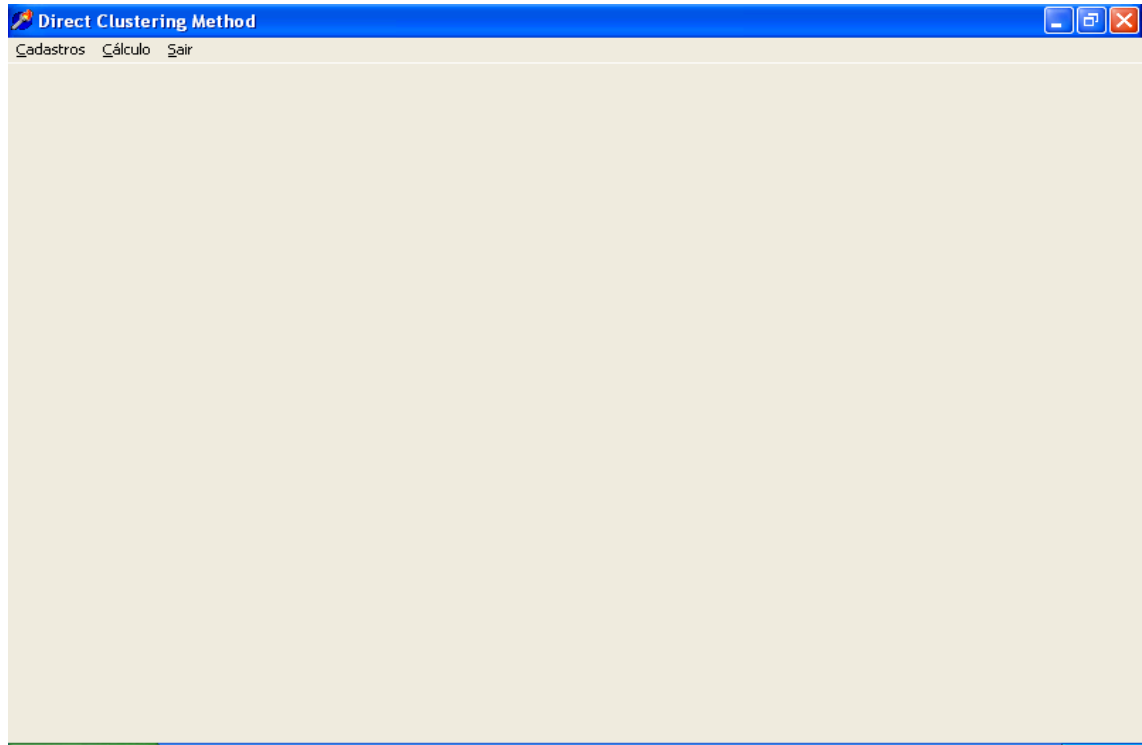


FIGURA 5.5: Tela Inicial DCM.

Como podemos visualizar, a tela inicial é composta de duas aplicações principais. A primeira visa a formação de uma base de dados, onde teremos os cadastros de todas as peças e todas as máquinas que irão compor a matriz. A figura 5.6 mostra a tela para o cadastro das máquinas, onde temos que atribuir um código a cada máquina junto com a sua descrição. Em seguida a figura 5.7 mostra a tela para o cadastro de peças, onde também se deve atribuir um código para cada peça, juntamente com a sua descrição. Deve-se notar que nesta tela, o software permite a realização dos relacionamentos entre as peças e o roteiro de fabricação que cada uma segue por entre as máquinas. A figura 5.8 exemplifica este relacionamento. Para cada relacionamento criado, o software internamente atribui o valor 1, formando a matriz inicial que iremos utilizar. Depois de definido por quais máquinas passam cada uma das peças, encerra-se esta primeira etapa, chamada de formação do banco de dados inicial.

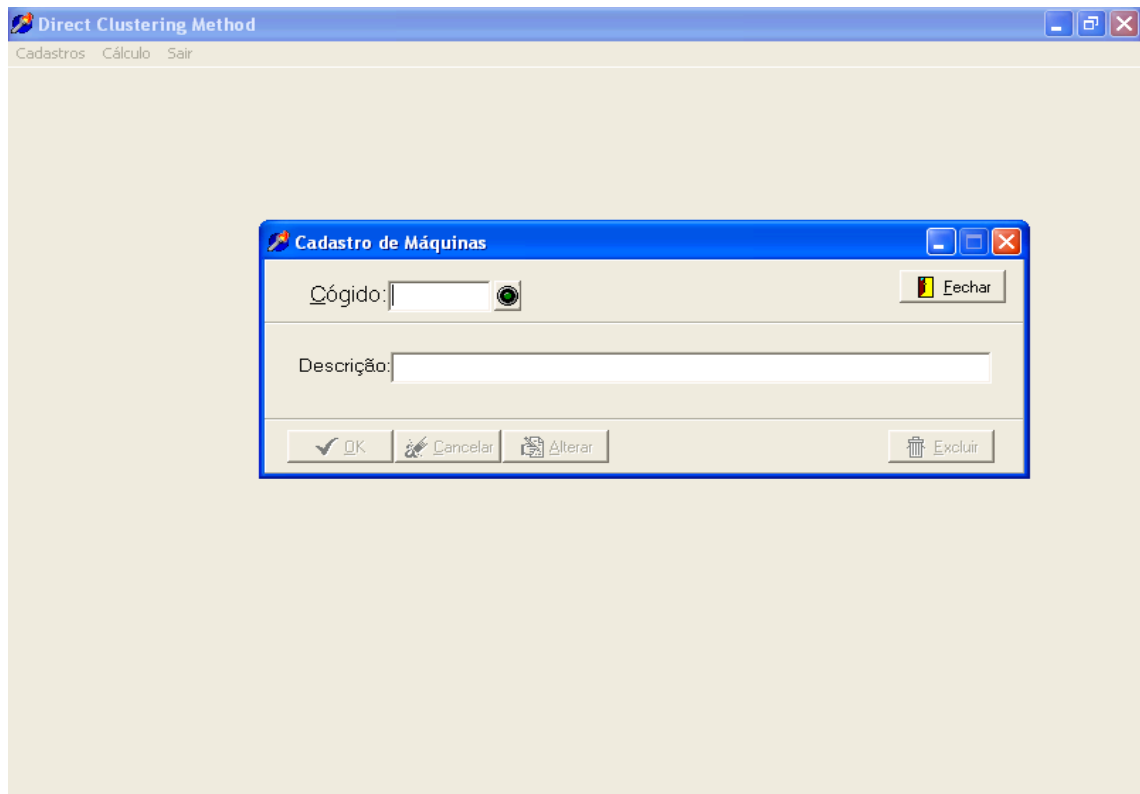


FIGURA 5.6: Cadastro de Máquinas.

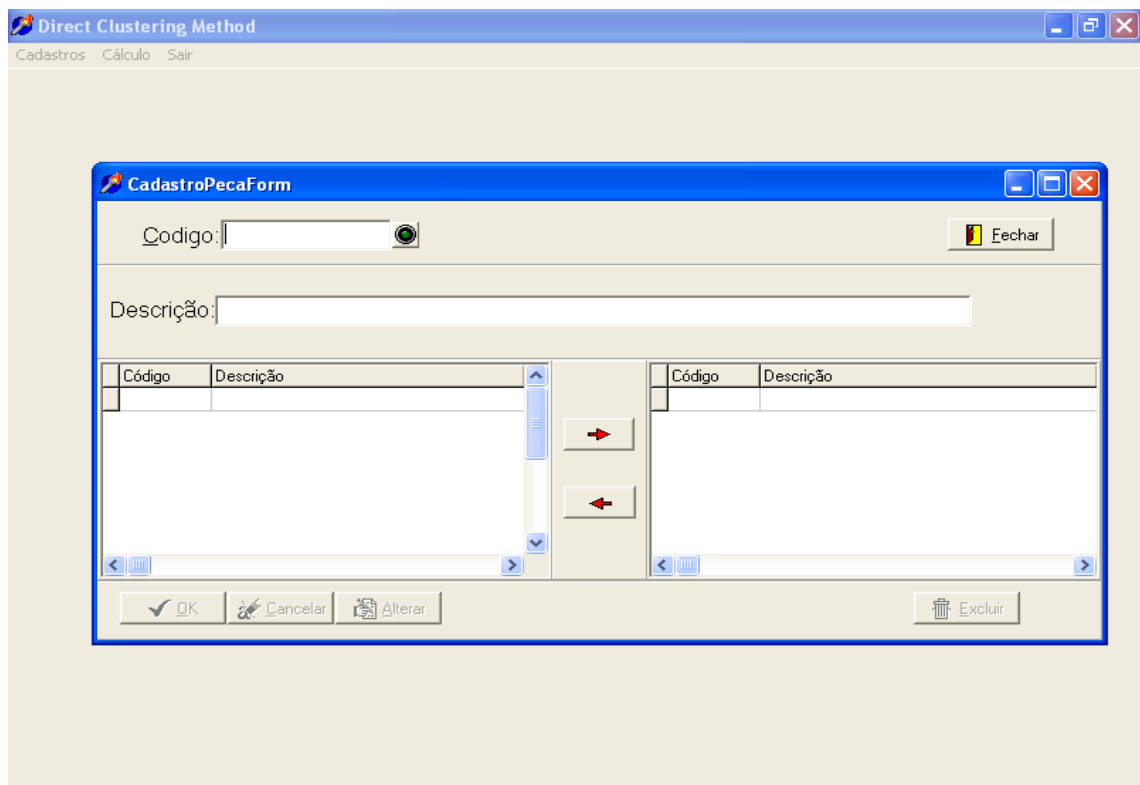


FIGURA 5.7: Cadastro de peças.

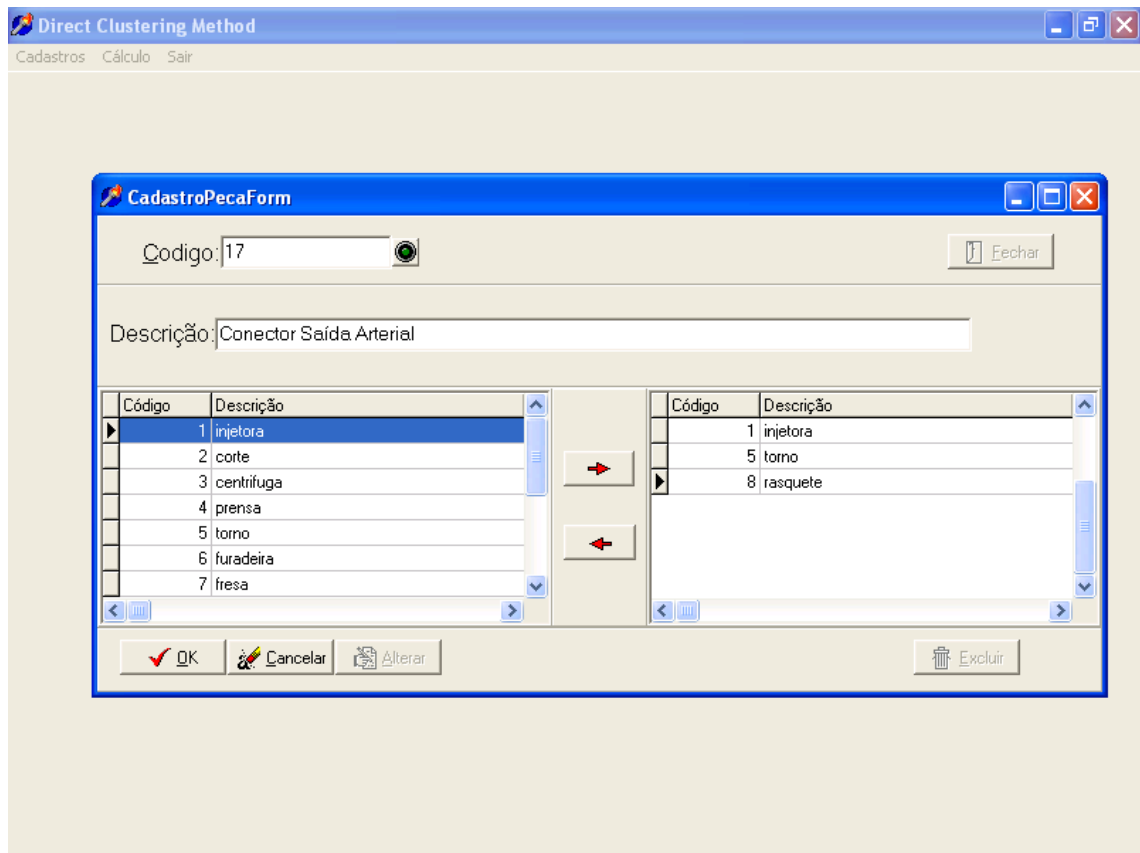


FIGURA 5.8: Relacionamento peças-máquinas.

Após a conclusão de toda a etapa anterior, ou seja, a formação de um banco de dados completo, contendo todas as peças, as máquinas e os inter-relacionamentos peças-máquinas, inicia-se outra etapa, que seria a utilização da segunda aplicação, chamada simplesmente de “Cálculo” e que pudemos visualizar na figura 5.5. Este aplicativo é composto de três guias (Principal, Matriz Inicial e Matriz Final) sendo que a figura 5.9 mostra a tela da aplicação que irá redimensionar toda a matriz para a formação dos grupos. Na guia principal nota-se que o software permite a utilização de “Máquinas Múltiplas”, que são máquinas utilizadas por um grande número de peças e que corresponde exatamente a definição de “Centros de Serviço” proposto por BURBIDGE (1996) e demonstrada na seção anterior. No software escolhe-se um valor em porcentagem para definir a capacidade mínima de utilização de uma máquina pelo número de peças cadastrados para que esta máquina seja uma máquina múltipla. Por exemplo, se considerarmos que uma máquina deve ser múltipla se esta for utilizada para a fabricação de 60% dos componentes cadastrados, então devemos ajustar o campo “% taxa de utilização” em 60%, conforme nos mostra a figura 5.10.



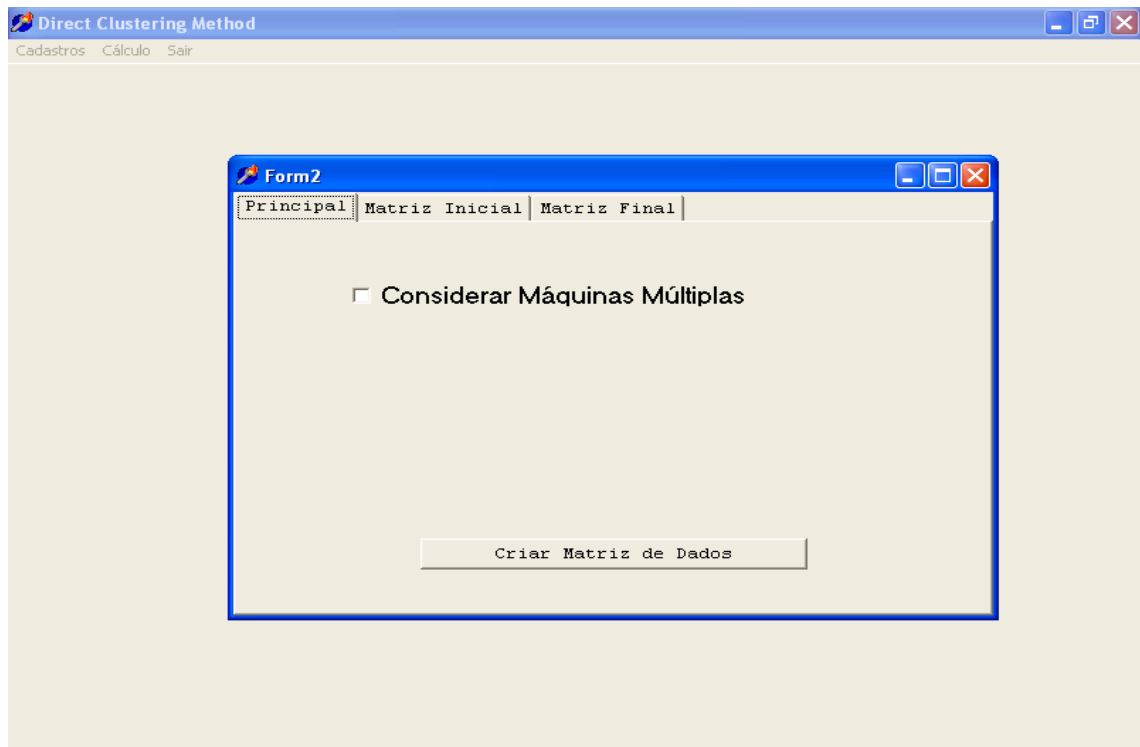


FIGURA 5.9: Aplicativo “Cálculo”.

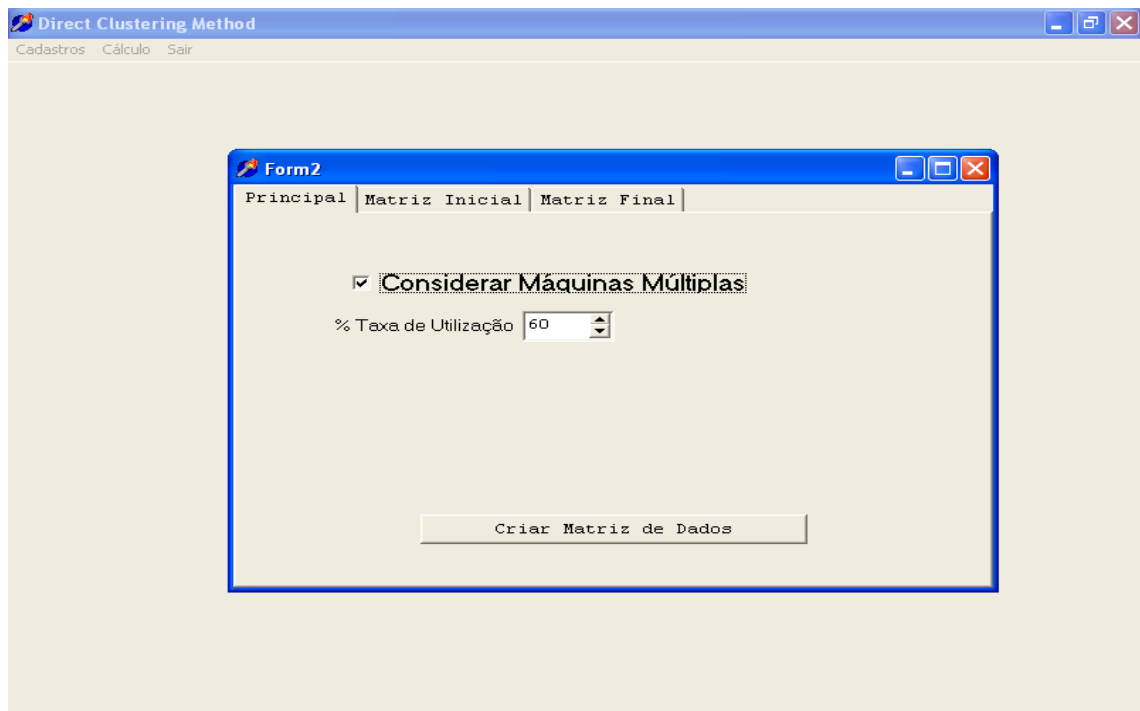


FIGURA 5.10: Ajuste % utilização para definição máquina múltipla.

Depois de definidos todos os parâmetros, ordenamos ao software para que este crie a matriz de dados inicial e final pressionando o botão “Criar Matriz de

Dados”. O software realiza então todos os cálculos necessários e mostra as matrizes inicial e final, conforme as figuras 5.11 e 5.12.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1
2	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
3	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
4	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1
5	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
6	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0
7	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0
10	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1

FIGURA 5.11: Matriz Inicial.

	4	5	10	2	7	6	8	11	1	3	9
3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
6	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
9	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
10	1	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0
7	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
2	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0
8	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
5	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1

FIGURA 5.12: Matriz Final.

É importante salientar que o software permite a impressão da matriz caso o usuário ache necessário. De antemão, podemos dizer que foram realizadas algumas

validações com matrizes retiradas da literatura que se utilizaram de algoritmos de agrupamento e os resultados finais encontrados foram os mesmo das matrizes comparadas. Na próxima seção será feita a utilização do software através da sua aplicação ao estudo de caso, fazendo depois uma avaliação dos resultados.

### **5.2.2.3 Aplicação do software DCM ao estudo de caso**

O trabalho utilizou o software DCM para a determinação dos grupos de máquinas e das famílias de peças, que conforme explicitado anteriormente se baseia na aplicação do algoritmo de CHAN & MILNER (1982) (seção 5.2.2.1).

Os 22 equipamentos da fábrica foram primeiramente enumerados, bem como as 185 peças fabricadas na empresa (os itens que são adquiridos em terceiros não foram aplicados em nosso estudo). Como o levantamento do roteiro de produção das peças na Análise do Fluxo de Fábrica (seção 5.2.1.1) já havia sido realizado, utilizou-se os dados das máquinas e dos PRNs para a criação do banco de dados dentro do software. Nesta aplicação, foi realizado o agrupamento das 185 peças em famílias baseadas em seu roteiro de processo. Monta-se a matriz, onde as linhas referem-se às peças e as colunas às máquinas. O elemento  $(i,j)$  é 1 se a peça  $i$  utiliza a máquina  $j$  para ser fabricada e 0 caso ocorrer o contrário.

Após a introdução de todos os dados para a formação da matriz inicial que omitimos parcialmente dado o seu tamanho, foi rodado o algoritmo inicialmente sem considerar máquinas múltiplas. Depois de analisada a Matriz Final, identificou-se que a máquina 2 era utilizada por uma grande quantidade de peças e portanto rodamos novamente o algoritmo considerando máquinas múltiplas a partir de 60% de utilização das peças. A figura 5.13 e 5.14 mostra a Matriz Inicial e a Matriz Final que foi obtida após os cálculos terem sido realizados.

Form2																							
Principal Matriz Inicial Matriz Final																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
10	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
13	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	
19	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	
20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
21	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	
22	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	
23	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
24	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
25	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
26	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
27	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
28	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	

Imprimir

FIGURA 5.13: Matriz Inicial.

	1	17	18	20	10	16	19	9	22	13	8	6	4	11	3	21	12	5	7	15	14	2
5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
13	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
17	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
18	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
26	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
30	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
22	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
28	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0
25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
15	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0

FIGURA 5.14: Matriz Final.

Deve-se ressaltar que o resultado da matriz final não é nada coerente com a divisão em grupos de famílias proposta pelo método do PFA. Notamos que para se chegar ao resultado esperado, seriam necessárias diversas análises e intervenções por parte do usuário. Ainda serão necessários mais estudos quanto ao desenvolvimento do software, talvez utilizando mais opções para a formação de resultados, como exemplo, a inversão de prioridades do algoritmo. No trabalho ainda não identificamos porque o algoritmo trata tão bem de casos em que as matrizes possuem uma dimensão reduzida e para matrizes maiores, que é a situação onde ele seria mais útil, os resultados são totalmente incoerentes. Na próxima seção são feitas algumas considerações a respeito da Análise de Grupo realizada manualmente e na análise realizada pelo software.

### 5.2.3 Comparações /Análise PFA x Software

Foi apresentado anteriormente na seção 5.2.1.2 sobre Análise de Grupo (GA) em que foi dito que ela é uma sub-técnica do PFA que segue a FFA. Ela é

utilizada para se dividir os departamentos (ou para se dividir os grupos e famílias principais) encontrados pelo FFA em sub-grupos conhecidos como grupos ou famílias. Cada grupo deve possuir todas as máquinas e equipamentos necessários para a fabricação de qualquer peça da família.

Foi dito também que a Análise de Grupo (GA) realizada na seção 5.2.1.2 com os dados do estudo de caso foi realizada através da aplicação de um método manual. Entretanto torna-se extremamente trabalhoso e até impossível manipular matrizes com uma ordem de grandeza muito grande com relação ao seu número de linhas e colunas. Como a idéia básica na formação dos grupos dentro das matrizes é desenvolver uma matriz através da manipulação dos dados contidos nela, fazendo com que os elementos da matriz que contém os números 1 se alinhem ao longo da diagonal principal da matriz, é de fundamental importância o desenvolvimento e a validação de um software para nos auxiliar na aplicação da Análise de Grupo (GA) da metodologia do PFA caso nos deparemos com uma matriz muito grande.

Pode-se dizer que com a aplicação do método manual, foi conseguido um resultado bastante satisfatório, visto que foi possível formar os grupos de peças x máquinas facilmente, conseguindo com isto a simplificação do fluxo de materiais dentro da empresa, o que era o objetivo principal. Entretanto, quando foi feita a aplicação utilizando o software baseado em um algoritmo bastante conhecido, não foi possível chegar à formação de nenhuma família. Para matrizes retiradas da literatura os resultados permitiram visualizar claramente a formação dos grupos. A única hipótese encontrada no momento para explicar este problema é o tamanho da matriz: para matrizes pequenas, os resultados são satisfatórios, enquanto que para matrizes maiores os resultados encontrados pelo software não são bem sucedidos.

A afirmação acima vai de encontro às palavras de BURBIDGE (1996) que diz que um grande esforço tem sido dispendido pelos acadêmicos em se tentar encontrar uma solução matemática mais elegante para solucionar o problema da formação de grupos dentro da metodologia do PFA. Segundo ele, um ou dois casos foram relatados pela literatura em que os pesquisadores, utilizando-se de dados bastante sintéticos de grupos muito simples conseguiram reproduzir os mesmos resultados utilizando estes modelos matemáticos, sendo que nenhum artigo foi ainda publicado em que se tivesse obtido sucesso na divisão em grupos e famílias (iniciando com dados

originais da empresa e utilizando estes métodos). Em sua análise, como estas técnicas matemáticas são extremamente bem sucedidas em outros campos, é surpreendente que elas não tenham encontrado o resultado almejado na solução de problemas de formação de grupos.

Uma das possíveis razões que BURBIDGE (1996) cita e que parece se aplicar ao problema é o grande número de rotas possíveis que uma peça pode percorrer dentro de uma instalação. Há possivelmente uma infinidade de rotas alternativas possíveis para cada peça e seria extremamente difícil incluir todas as rotas possíveis em um banco de dados, fazendo com que um método de realocação seja necessário.

Conclui-se então que até esta altura do desenvolvimento da dissertação o problema da formação de grupos utilizando-se do software ainda não está viabilizado e continuará sendo objeto de estudo e de análise, tentando-se chegar ao sucesso da operação desta ferramenta tão importante para a aplicação do primeiro princípio da quarta abordagem da produção enxuta.

### **5.3 A Aplicação do Segundo Princípio: Escolha ou Projete o Sistema de Controle de Produção em função do Sistema de Produção.**

De acordo com OLORUNNIWO (1996) os sistemas de planejamento e controle da produção (PPC) são utilizados para regular o fluxo de materiais através de um processo de manufatura. Segundo ele, o tipo de PPC utilizado depende da estratégia de mercado da empresa (fabricar sob pedido, fabricar para estoque ou montar), a arma competitiva utilizada (qualidade do produto, flexibilidade, entregas rápidas, satisfação do consumidor) e o *layout* da fábrica.

Para se escolher o sistema de Controle de Produção adequado ao sistema de produção da empresa, realiza-se a classificação do sistema de produção da empresa do nosso estudo de caso. Utilizou-se neste trabalho o sistema de classificação multi-dimensional para sistemas de produção proposto por MACCARTHY & FERNANDES (2000).

Já foi comentado sobre o sistema de classificação no capítulo 3 (seção 3.1.2) e caso seja necessária para o leitor entendê-la melhor, o anexo 1 proporciona um resumo da proposta. Para um entendimento mais completo consulte MACCARTHY & FERNANDES (2000).

O trabalho realizou a classificação de cada uma das famílias de peças. Foi realizada a classificação para cada unidade produtiva, que foram divididas em quatro, como abaixo:

Grupo 1 - Injetados: famílias 1,3,4,5,6,11 e 19.

Grupo 2 – Centrifugados: famílias 7, 12,13,20,21,22 e 26.

Grupo 3 – Prensados: famílias 25,14, 15,23,24,27,28,29 e 30.

Grupo 4 – Usinados: famílias 8,9,10,16,17,18 e 2.

Portanto aplicando o sistema multi-dimensional de classificação, chega-se a seguinte codificação:

Grupo injetados

M/DL/RP/N/SL\_4\_M/G\_1-2-3\_F5

Grupo Centrifugados

M/DL/RP/N/SL\_4\_M/G\_1-2-3\_F5

Grupo Prensados

M/DL/RP/N/SL\_4\_M/G\_1-2-3\_F5

Grupo Usinados

M/DL/RP/N/SL\_4\_M/G\_1-2-3\_F5

Realizada a classificação do sistema de produção da empresa para os quatro grupos que são objetos do estudo de caso, procede-se com a escolha do sistema de controle da produção (SCP) mais adequado para cada caso. Utiliza-se para isto a tabela 3.2 (seção 3.1.2) proposta por MACCARTHY & FERNANDES (2000) para verificar qual SCP que mais se enquadraria para os casos selecionados. Temos então:

Para o grupo injetados o SCP mais indicado seria o *Kanban* ou o PBC. O sistema *Kanban* foi implantado neste grupo, sendo que este sistema alcançou resultados bastante satisfatórios após a sua implantação.



Continuando com a proposta de se classificar e escolher o SCP mais adequado para cada caso, para os três grupos restantes (centrifugados, prensados e usinados) o sistema utilizado é uma mescla de *Kanban* com emissão de ordens de serviço. Este sistema foi implantado para estes grupos tentando alcançar o mesmo sucesso conseguido com a implantação do sistema *Kanban* no setor de injeção. Entretanto, há uma importante particularidade: nestes três setores as peças são conduzidas através de várias estações de trabalho e não entre uma ou duas estações, como é o caso da injeção. Sendo assim, o fluxo para os outros grupos é muito mais complexo. Consideramos que para a obtenção da melhor performance que o sistema *Kanban* pode proporcionar a este sistema de produção, devemos fazer uso do *Kanban* nos utilizando de etiquetas *Kanban* de requisição e de produção, como descrito na seção 2.3 (item 2.3.1). O problema no sistema adotado é que não existe um mecanismo “puxador”, que informa ao processo precedente o quanto este deve produzir. Isto é feito pelo próprio supervisor da linha, que alimenta o painel *Kanban* de todas as estações de trabalho, estabelecendo prioridade e criando um sequenciamento baseado na própria experiência que possui do sistema produtivo. Com isso, o conceito de produção *just-in-time* fica comprometida, pois as unidades produzidas não estão em função das unidades retiradas naquele determinado instante. Entretanto, devemos considerar que a implementação do *Kanban* em sua totalidade como descrito pela literatura, seria apenas uma questão de ajuste, visto que, a incorporação dos conceitos desta técnica já foram absorvidos por todos os trabalhadores.

O trabalho conclui, portanto que teríamos assim a utilização de um sistema único para todos os grupos, o *Kanban*, que através de sua simplicidade e adequação a estes grupos de produtos, podem trazer ganhos consideráveis em relação ao desempenho de todo o sistema de produção estudado.

#### **5.4 A aplicação do terceiro princípio: o dimensionamento do ritmo da produção (*takt time*) deve ser realizado em função da demanda, da capacidade e da influência da taxa (ritmo) de produção sobre a taxa de refugo.**

Dentro da lógica de aplicação da metodologia de FERNANDES *et al* (2003) visando à melhoria da produtividade e da qualidade pela integração entre o

controle de produção e o controle de qualidade de modo a aumentar a capacidade competitiva das empresas, o trabalho deveria seguir com a aplicação do terceiro princípio, ou seja, depois de simplificado o fluxo e o sistema de controle de produção ter sido escolhido, a próxima etapa seria o dimensionamento do ritmo de produção baseado no *takt time* considerando a taxa de refugo.

Não pretendemos nos estender na aplicação de todos os princípios propostos na abordagem dos pesquisadores citados, visto que, para efeito de aplicação da metodologia desenvolvida para avaliação do desempenho, apenas o primeiro princípio já fornece subsídios suficientes para que se faça considerações a respeito da performance de um sistema de produção quando este migra de um conceito de produção tradicional para o conceito enxuto de produção.

Aliado a isto se soma o fato de GODINHO FILHO (2001) já ter tratado deste assunto extensivamente, sendo que qualquer dúvida do leitor a respeito da implementação deste princípio pode ser sanada com a leitura deste trabalho.

Sendo assim, a próxima seção trata da aplicação da metodologia de avaliação da performance de um sistema de produção através da utilização dos indicadores enxutos de desempenho demonstrado no capítulo anterior.

## **5.5 A aplicação da metodologia proposta baseada em indicadores de desempenho da produção enxuta.**

No estudo de caso deste trabalho a utilização da metodologia proposta baseada em indicadores de desempenho ocorrerá no setor de injeção. A escolha deste setor se deve ao fato de que atualmente, todo o seu sistema de controle de produção gira em torno do *Kanban*. Dentre outros princípios da filosofia enxuta, o *Kanban* talvez seja um dos princípios que mais permita a visualização das vantagens obtidas pela incorporação de técnicas enxutas de produção, pois a sua utilização traz consigo a simplificação do fluxo, diminuição dos lotes de produção, redução do tempo de *setup*, controle da qualidade e do sequenciamento da produção por parte do operador, melhor aproveitamento dos materiais em processo e melhor organização do setor em relação à sua segurança, ordem e limpeza. Sendo assim, passaremos a avaliação por meio da metodologia proposta.

ETAPA 0: A etapa inicial do algoritmo proposto pede que sejam definidos quais serão os objetivos principais que são esperados com relação à implementação de princípios relacionados à produção enxuta, ou seja, se a aplicação dos princípios visa os objetivos da manufatura qualidade ou produtividade separadamente, ou ambos ao mesmo tempo. No estudo de caso em questão, dentro do setor de injeção, iremos focalizar o objetivo produtividade, visto que este setor é crítico para o abastecimento da produção e sua rápida e eficiente resposta é um importante fator de vantagem competitiva.

ETAPA 1: Nesta etapa é feita a definição de qual indicador será utilizado em função da abrangência que se espera em relação ao chão-de-fábrica, empresa e cadeia de suprimentos e a utilização de dados reais ou simulados. Portanto, nos limitaremos à avaliação de um dos princípios da produção enxuta em nível do chão-de-fábrica, pois é neste nível que o *Kanban* se aplica. Também faremos uso de dados reais, sendo desnecessária a utilização de dados simulados, visto que, será possível o levantamento dos dados na produção, pois como dissemos anteriormente, o *Kanban* já é adotado como sistema de controle da produção neste setor.

Sendo assim, através da análise da tabela 4.7, selecionamos o indicador enxuto P5, caracterizado como tamanho dos lotes de produção e relacionado à produção e entrega *JIT*. Este indicador atende todas as nossas especificações anteriores, como ser focalizado aos objetivos de produtividade, ser aplicado ao chão-de-fábrica e permitir a utilização de dados reais.

ETAPA 2: Nesta etapa devemos calcular os valores do indicador escolhido. Neste caso, são valores referentes ao tamanho dos lotes de produção. Para isso, efetuamos a coleta dos dados de tamanho de lote de produção nas etiquetas *Kanban* existentes no setor de injeção para determinados moldes de injeção escolhidos aleatoriamente. A tabela 5.11 nos mostra o tamanho dos lotes de produção para 07 itens que serão os constituintes da amostra dos componentes que será objeto de nossa avaliação.

TABELA 5.11: Tamanho do lote de produção *Kanban*.

<b>Nr. molde injeção</b>	<b>Tamanho lote por etiqueta <i>Kanban</i></b>
03	1000
10	2800
14	1000
18	1500
20	5000
33	4400
96	250

Após a coleta dos dados do setor de injeção referente aos tamanhos do lote de injeção existentes nas etiquetas do *Kanban*, foi realizado um levantamento baseado no histórico de fichas de emissão de ordens de serviço (OS) que eram emitidas antes da adoção do sistema *Kanban* neste setor. Antes da implementação do *Kanban*, a emissão das ordens de serviço ocorria na forma de uma planilha, constando a descrição do molde, o número do molde e a quantidade mensal a ser produzida. A tabela 5.12 nos mostra estes valores.

TABELA 5.12: Tamanho do lote de produção com sistema emissão ordens serviço.

<b>Nr. molde injeção</b>	<b>Programação mensal produção</b>
03	2000
10	10000
14	2500
18	3000
20	11000
33	5000
96	1500

É importante salientar que no sistema de emissão de ordens de serviço, o sequenciamento da produção era feito com base na experiência do encarregado do setor de injeção. A planilha emitida pelo PCP apenas definia as quantidades a serem

produzidas dentro do mês, deixando a cargo do encarregado a melhor maneira de programar as trocas de molde e a entrada destes nas máquinas. Este método por si só já apresentava uma infinidade de problemas, causando freqüentes desabastecimentos de componentes no processo posterior que dita a demanda, implicando em constantes trocas de molde não programadas causadas pelas “urgências” de produção. Este fato também acarretava perda de matéria-prima, pois uma considerável quantidade de material que permanecia na zona de aquecimento da injetora quando os moldes a serem trocados utilizavam materiais diferentes se transformavam em refugo.

ETAPA 3: Esta etapa faz a análise dos dados. A tabela 5.13 nos mostra o percentual de redução no tamanho dos lotes de produção antes e depois da incorporação do sistema Kanban na produção de injetados.

TABELA 5.13: Comparação tamanhos lotes produção.

<b>Nr. molde injeção</b>	<b>Sistema emissão ordens serviço</b>	<b>Sistema <i>Kanban</i></b>	<b>Percentual redução tamanho lote</b>
03	2000	1000	50%
10	10000	2800	72%
14	2500	1000	60%
18	3000	1500	50%
20	11000	5000	55%
33	5000	4400	12%
96	1500	250	83%

Com base na tabela acima, podemos visualizar os benefícios obtidos pela implementação do Kanban na produção de injetados e conseqüentemente podemos também visualizar como a implementação de princípios enxutos de produção contribui para a simplificação do fluxo e do sistema de controle de produção. A redução no tamanho dos lotes de produção reduz o nível de material em processo, otimiza a utilização de matérias-primas e a sua programação junto aos fornecedores, aumenta o número de *setups* e por sua vez as iniciativas de troca rápida de ferramentas.

A implantação do sistema *Kanban* na unidade de injetados merece um relato; antes da adoção do sistema *Kanban* um grande esforço em controle de estoques,

programação da produção, emissão de ordens de produção e controle de produção era dispendido para conseguir com que a produção dos itens injetados conseguisse suprir a demanda do setor de montagem. O comprometimento dos trabalhadores era baixo, pois estes apenas recebiam as ordens de serviço e “faziam o trabalho”, não se preocupando em dar sugestões sobre a sequência do trabalho ou qualquer outras iniciativas que pudessem vir a contribuir com a melhoria do fluxo das operações. Além disso era criado constantes atritos entre o setor de PCP, responsável pela emissão das ordens, e o setor de fabricação. Após a implementação, os trabalhadores constataram que o sistema seria gerenciado por eles próprios, o que fez com que o interesse pelo trabalho fosse crescente. Com isso, passaram a se preocupar com a redução do refugo, manutenção dos moldes, redução no tempo de preparação das máquinas e diversas outras melhorias. Consideramos assim que a implantação do *Kanban* nesta área trouxe grandes avanços em relação à agilidade das operações e simplificação do fluxo. Sendo assim, por meio da metodologia de avaliação proposta, conseguimos medir por meio de representações quantificáveis das características dos processos utilizados os resultados ao longo do tempo em relação à implementação de um dos princípios da produção enxuta selecionado para o nosso estudo de caso.

### **5.5.2 Considerações finais**

Em face do exposto, podemos concluir que os indicadores de desempenho não podem ser padronizados, ou seja, cada organização deve definir os indicadores de desempenho que serão utilizados por ela, mas sempre tendo como objetivo principal a sua real necessidade. A primeira coisa que a empresa necessita ao definir estes objetivos é a seleção correta de um conjunto de indicadores que permita verificar, através de uma análise crítica de todo o processo, se estes são agregadores de valor e se estão relacionados aos objetivos da empresa.

A implementação de indicadores adequados aos objetivos da organização leva em consideração o estabelecimento de padrões para a sua avaliação, permitindo assim com que estes indicadores não se tornem mais uma forma de controle, mas sim um instrumento de implementação de melhorias.

O que devemos evitar é que os obstáculos que se interpõem no curso do estabelecimento de um sistema de medição de desempenho sejam mal interpretados por

todos os envolvidos, pois a medição do desempenho traz consigo o medo que as pessoas sentem em serem monitoradas. O fato de medirmos não quer dizer muito. O que devemos temer são as decisões equivocadas que podemos tomar baseada em alarmes falsos, como explicamos anteriormente.

Dentro do processo de implementação do sistema de medição por meio de indicadores de desempenho em uma empresa, devemos deixar claro a todas as pessoas envolvidas que o monitoramento serve para mostrar-lhes como o trabalho está sendo realizado e assim poder adotar medidas corretivas para que estes sejam constantemente aperfeiçoados. Assim, é de fundamental importância que todas as pessoas que compõem a organização entendam e incorporem os indicadores ao seu trabalho.

Concluimos portanto que a utilização de indicadores de desempenho vai muito além do fato de apenas medirmos o que é realizado, para se constituir em uma ferramenta completa que permite a implementação de melhorias, reduzindo o tempo que vai desde a coleta dos dados e a efetiva implantação das medidas necessárias para conduzir todo o processo a um grau maior de satisfação do cliente, seja ele, interno ou externo.

## **6 Conclusões**

Neste capítulo, que trata das conclusões que tivemos ao longo do desenvolvimento desta dissertação, tecemos as devidas considerações sobre os assuntos levantados, analisando as hipóteses do trabalho e realizando uma avaliação geral dos objetivos iniciais propostos nesta dissertação. Para melhor entendimento, dividimos as conclusões em três seções, sendo que a última seção é relativa a pesquisas futuras que poderiam ser desenvolvidas, dando continuidade a este trabalho.

### **6.1 Análise das Hipóteses**

Nesta seção tecemos considerações a respeito das hipóteses levantadas no início desta dissertação. Temos, portanto:

Com relação à hipótese 1, concluímos por sua aceitação, uma vez que conseguimos através de um extenso levantamento bibliográfico, posicionar outros autores dentro das três abordagens da produção enxuta identificadas por GODINHO FILHO & FERNANDES (2002); este posicionamento pôde ser feito por meio dos princípios relativos à produção enxuta.

Com relação à hipótese 2, também concluímos pela aceitação da hipótese, uma vez que conseguimos delimitar de uma maneira muito satisfatória, a extensão que cada princípio da produção enxuta tem ao longo de toda a cadeia de suprimentos.

Com relação à hipótese 3, concluímos pela aceitação parcial da hipótese, uma vez que no desenvolvimento do software, nos utilizando de um famoso algoritmo para a formação de famílias de peças, não conseguimos um resultado satisfatório quando trabalhamos com matrizes muito grandes.

Com relação à hipótese 4, novamente concluímos pela aceitação da hipótese, uma vez que foi possível mensurar os ganhos obtidos em relação aos indicadores de desempenho do sistema de produção do estudo de caso, na implementação de princípios da abordagem proposta por FERNANDES *et al* (2003).



## 6.2 Avaliação dos Objetivos

Nesta seção realizamos uma avaliação geral dos objetivos iniciais desta dissertação.

Em relação ao primeiro objetivo desta dissertação, pode-se dizer que este foi satisfatoriamente atendido, visto que conseguimos encontrar trabalhos relativos ao tema “Produção Enxuta”, possíveis de serem enquadrados dentro de uma das três abordagens identificadas por GODINHO FILHO & FERNANDES (2002).

Com relação ao segundo objetivo desta dissertação, também obtivemos sucesso, pois discutimos a abrangência das três abordagens da produção enxuta frente aos três níveis empresariais, que são o chão-de-fábrica, empresa e cadeia de suprimentos, mostrando que os princípios e práticas do paradigma de gestão de produção enxuto se alastram para outras áreas conforme vão sendo aplicados.

Com relação ao terceiro objetivo concluímos que, apesar de não termos conseguido um resultado satisfatório ao trabalharmos com matrizes de grandeza elevada, conseguimos êxito ao mostrar que a utilização de algoritmos para a solução dos problemas de formação de famílias de peças é extremamente difícil de ser aplicado e de resultado duvidoso, nos mostrando que o direcionamento de grandes esforços neste sentido durante a implementação do modo de produção enxuto por uma organização pode não ser uma das melhores estratégias.

E finalmente, em relação ao objetivo quatro desta dissertação, foi possível a proposição de uma metodologia que permitisse avaliar por meio da utilização de indicadores de desempenho orientados ao conceito de produção enxuta, alguns dos princípios da quarta abordagem da produção enxuta proposta em FERNANDES *et al* (2003).

## 6.3 Pesquisas Futuras

Como foi dito anteriormente, a questão da medição de desempenho tem sido estudada em profundidade durante os últimos anos e várias são as questões levantadas sobre o seu real potencial com relação à aplicação em empresas de pequeno e médio porte, foco do interesse desta dissertação. Na verdade, os mecanismos de

medição de desempenho permitem monitorar a performance passada, ao mesmo tempo em que permite estimular futuras ações.

Sendo assim, a partir deste trabalho podemos propor alguns temas para pesquisas futuras que consideramos interessantes, especificados nas questões de pesquisa apresentadas a seguir:

- Um sistema de medição de desempenho se constitui em um “luxo” para as pequenas e médias empresas?

- Quais são os indicadores de desempenho mais adequados à realidade das pequenas e médias empresas?

- É vantajoso para as pequenas e médias empresas manter um sistema de medição de desempenho face ao alto custo de obtenção dos dados de alguns indicadores?

- Como a relação custo-benefício da implantação de um sistema de medição de desempenho pode ser analisada?

- Como podemos viabilizar o problema da formação de famílias de peças por meio de uma ferramenta computacional?

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGARWAL, A.; SARKIS, J. A review and analysis of comparative performance studies on functional and cellular manufacturing layouts. **Computers ind. Engng**, v.34, n.1, p.77-89, 1998.
- AKRIGHT, W.T.; KROLL, D.E. Cell formation performance measures – determining when to change an existing layout. **Computers ind. Engng**, v.34, n.1, p.159-171, 1998.
- ALFORD, D.; SACKETT, P.; NELDER, G. Mass customization – an automotive perspective. **International Journal of Production Economics**, n.65, p.99-110, 2000.
- ALVAREZ, R.R.; ANTUNES Jr, J.A.V. Takt Time: contexto e contextualização dentro do sistema toyota de produção. **Revista Gestão & Produção**, v.8, n.1, abr.2001.
- BAMBER, L; DALE, B.G. Lean production: a study of application in a traditional manufacturing environment. **Production Planning & Control**, v.11, n.3, p.291-298, 2000.
- BERTO, R.M.V.S.; NAKANO, D.N. A produção científica nos anais do encontro nacional de engenharia de produção: um levantamento dos métodos e tipos de pesquisa. **Produção**, v.9, n 2, p. 65-75, 2000.
- BERTO, R.M.V.S.; NAKANO, D.N. Metodologia de pesquisa e a engenharia de produção. In: **XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP) e IV International Congress of Industrial Engineering (ICIE)**, Niterói: UFF/ABEPRO, Out.1998.
- BILLESBACH, T.J. Applying lean production principles to a process facility. **Production and Inventory Management Journal**, Third Quarter, p.40-43,1994.
- BOYER, K.K. An assessment of managerial commitment to lean production. **International Journal of Operations & Production Management**, v.16, n.9, p.48-59, 1996.
- BRYMAN, A. **Research methods and organization studies**. London: Uniwin Hyman, 1989.
- BURBIDGE, J.L.; HALSALL, J. Group technology and growth at shalibane. **Production Planning and Control**, v.5, n.2, p.213-218, 1994.
- BURBIDGE, JOHN L. **Planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 1983.
- BURBIDGE, JOHN L. Production control: a universal conceptual framework. **Production Planning and Control**, v.1, p.3-16, 1990.
- BURBIDGE, JOHN L. **Production flow analysis**. Oxford: Clarendon Press, 1996.

BURBIDGE, JOHN L. **The introduction of group technology**. London: Heinemann, 1975.

CHAN, H.M.; MILNER D.A. Direct cluster algorithm for group formation in cellular manufacture. **Journal of Manufacturing Systems**. v.1, n.1, p. 65-75, 1982.

CRESWELL, J.W. **Research design – qualitative & quantitative approaches**. London: Sage, 1994.

DETTY, R.B.; YINGLING, J.C. Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: a case study. **International Journal of Production Research**, v.38, n.2, 429-445, 2000.

EISENHARDT, K.M. Building theories form case study research. **Academy of Management Review**, v.14, n.4, p.532-550, 1989.

ENGSTROM, T.; JONSSON, D.; JOHANSSON, B. Alternatives to line assembly: some Swedish examples. **International Journal of Industrial Ergonomics**, n.17, p.235-245, 1996.

FERNANDES, F.C.F. **Concepção de um sistema de controle de produção para a manufatura celular**. Escola de Engenharia de São Carlos – USP, 1991.

FERNANDES, F.C.F.; MACCARTHY, B.L. Production planning and control: the gap between theory and practice in the light of modern manufacturing concepts. In: 15<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONFERENCE ON CAD/CAM, ROBOTICS & FACTORIES OF THE FUTURE (CARS &FOD'99), 1999, Águas de Lindóia. **Proceedings of the 15<sup>th</sup> International conference on CAD/CAM, Robotics & Factories of the Future (CARS &FOD'99)**, v.1, p.1-6.

FERNANDES, F.C.F; GODINHO FILHO, M.; BONNEY, M: Implementing lean production (LP) at the shop floor level: a new approach and case study. **Submitted to International Journal of Operations and Production Management on 2003**.

GODINHO FILHO, M. **Contribuição ao estudo da competitividade das empresas por meio da integração dos processos de controle da produção e controle da qualidade**. São Carlos, 2001, 223p., Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos.

GODINHO FILHO, M; FERNANDES, F.C.F. Identificação e análise do foco de três abordagens para a produção enxuta. **Revista de Ciência e Tecnologia**, v.10, n.19, p.39-50, 2002.

GODOY, A.S. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo: EAESP,FGV, v.35, n.4, 1995.

GONÇALVES FILHO, E.V. Células de fabricação: projeto e implantação. **Cadernos de Engenharia de Produção**, São Carlos, Ano VI, n.15, p.15-37, 1990.

HENDERSON, B.A.; LARCO, J.L. **Lean transformation**. 1 Ed. Richmond: The Oaklea Press, 2000, 283p.

HINES, P.; RICH, N.; BICHENO, J.; BRUNT, D.; TAYLOR, D. Value stream management. **The International Journal of Logistics Management**, v.9, n.1, p.25-42, 1998.

KARLSSON, C.; AHLSTRÖM, P. Assessing changes towards lean production. **International Journal of Operations & Production Management**, v.16,n.2, p.24-41, 1996.

KATAYAMA, H.; BENNETT, D. Agility, adaptability and leanness: a comparison of concepts and a study of practice. **International Journal of Production Economics**, n.60-61, p.43-51, 1999.

KING, J.R. Machine-component grouping in production flow analysis: an approach using a rank order clustering algorithm. **International Journal of Production Research**, v.18, n.2, p.213-232, 1980.

LANG, J.D.; HUGGE, P.B. Lean manufacturing for lean times. **Aerospace America**, p.28-33, mai.1995

MARTINS, R.A.; COSTA NETO, P.L.O. Indicadores de desempenho para a gestão pela qualidade total: uma proposta de sistematização. **Revista Gestão & Produção**, v.5, n.3, p.298-311, 1998

MACCARTHY, B.L.; FERNANDES, F.C.F. A multi-dimensional classification for production systems for the design and selection of production planning and control systems. **Production Planning and Control**, v.11, n.5, p. 481-496, 2000.

MONDEN, Y. **Sistema toyota de produção**. São Paulo: IMAM, 1984.

NEELY, A.; GREGORY, M.; PLATTS, K. Performance measurement system design – a literature review and research agenda. **International Journal of Operations & Production Management**, v.15, n.4, p.80-116, 1995.

NEELY, A. The performance measurement revolution: why now and what next? **International Journal of Operations & Production Management**. v.19, n.2, p.205-228, 1999.

OHNO, T. **O sistema toyota de produção – além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

OLORUNNIWO, F.O. Changes in production planning and control systems with implementation of cellular manufacturing. **Production and Inventory Management Journal**, first quarter, p.65-69, 1996.

PANIZZOLO, R. Applying the lessons learned from 27 lean manufactures: the relevance of relationships management. **International Journal of Production Economics**, n.55, p.223-240, 1998.

ROTHER, M ; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício**. Ed. 1.1 Lean Institute Brasil, 1998, 93p.

RUMMLER,G.A.; BRACHE, A.P.: **Melhores desempenhos das empresas: ferramentas para a melhoria da qualidade e da competitividade**. São Paulo: Makron Books do Brasil Editora LTDA, 1994.

SÁNCHEZ, A.M.; PÉREZ, M.P. Lean indicators and manufacturing strategies. **International Journal of Operations & Production Management**. V.21, n.11, p.1433-1451, 2001.

SCHMENNER, R.W.; VOLLMANN, T.E. Performance measures: gaps, false alarms and the “usual suspects”. **International Journal of Operations & Production Management**. v.14, n.12, p.58-69, 1994.

SIPPER,D.; BULFIN JR, R.L. **Production: planning, control and integration**. New York: MacGraw Hill, 1997.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 1 Ed. São Paulo: Editora Atlas, 1997, 726p.

SOUZA, M.H.L.; ELIAS, D.O. **Fundamentos da circulação extracorpórea**. 1 Ed. Rio de Janeiro: Centro Editorial Alfa Rio, 1995. V.1, 439p.

STAKE, R.E. Pesquisa qualitativa/naturalista: problemas epistemológicos. In: **Educação e Seleção**. São Paulo. Fundação Carlos Chagas, 1983, n.7, p.19-27.

STORCH, R.L.; SANGGYU, L. Improving flow to achieve lean manufacturing in shipbuilding. **Production Planning & Control**, v.10, n.2, p.127-137, 1999.

TRIVIÑOS, A.N.S. Pesquisa Qualitativa. In: **Introdução à pesquisa em ciências sociais** São Paulo. Editora Atlas, 1990, p.116-173.

TUBINO, D.F. **Manual de planejamento e controle da produção**. 2 Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2000, 220p.

WHITE, G.P. A survey and taxonomy of strategy-related performance measures for manufacturing. **International Journal of Operations & Production Management**. v.16, n.3, p.42-61, 1996.

WOMACK, J.; JONES, D. **A mentalidade enxuta nas empresas**. 7 Ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1998, 427p.

WOMACK, J.; JONES, D.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. 13 Ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1992, 347p.

YIN, R.K. **Case study research: design and methods**, Sage Publications, 1990

**ANEXO A**  
**SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO MULTI-DIMENSIONAL**  
**PARA SISTEMAS DE PRODUÇÃO**



## CARACTERIZAÇÃO GERAL

A característica Caracterização Geral possui 4 variáveis. Cada uma delas será explicitada abaixo.

### **Tamanho da Organização (A)**

A melhor forma de classificar uma empresa como sendo de porte pequeno, médio ou grande ocorre pela análise do número de funcionários. No Brasil, uma empresa é considerada grande se o número de funcionários ultrapassar 500. Para ser considerada de tamanho médio, ela precisa ter de 100 a 500 funcionários. Inferior a isso, ou seja, com menos de 100 funcionários, a empresa passa a ser de pequeno porte. A simbologia a ser utilizada é a seguinte :

- A = (L) => grande número de funcionários;
- A = (M) => médio número de funcionários ;
- A = (S) => pequeno número de funcionários.

### **Tempo de Resposta (B)**

A dimensão Tempo de Resposta especifica como, estrategicamente, uma empresa pretende atender as necessidades dos seus consumidores. Um bom gerenciamento do tempo de resposta do seu sistema de produção é importantíssimo para a conquista de uma vantagem competitiva. Essencialmente, o tempo de resposta é uma decisão política influenciada pelas características tecnológicas e operacionais da empresa, pelo *marketing* e pela estratégia de atendimento dos consumidores. O tempo de resposta (RP) é formado pela soma dos *lead time* de suprimento (SL), *lead time* de produção (PL) e *lead time* de distribuição (DL) Abaixo mostraremos em síntese os tempos de resposta possíveis:

- $B = SL + PL + DL$  => se o sistema produz para ordem
- $B = DL_a (P\%)$  => se o sistema produz para estoque com um nível de serviço igual a P%
- $B = DL_b (P\%)$  => se o sistema não produz (somente compra, estoca, vende e entrega o item) e o nível de serviço é igual a P%
- $B = PL + DL$  => se o sistema produz para ordem mas mantém estoque de matéria prima
- $B = SL + DL$  => se o sistema não produz mas vende para ordem

### **Nível de Repetitividade (C)**

O termo repetitividade está associado com o volume de produção dos itens: quanto maior o volume de produção, mais repetitivo é o sistema de produção. Entretanto, num lugar onde o volume é pequeno, os tempos são enormes, produz-se um produto por mês e esse é o único produto produzido, claramente o processo é considerado repetitivo, apesar do volume ser pequeno. Repetitividade deve, portanto, ser considerada uma função com mais variáveis que apenas o volume de produção. Para podermos encaixar o sistema de produção devemos primeiramente saber o que significa produção repetitiva e o que é repetitividade do sistema de produção.

Um item é repetitivo se ele consome um porcentagem significativa do tempo total disponível da unidade produtiva (pelo menos 5%). Um sistema de produção é definido como sendo repetitivo se apresentar pelo menos 75% dos itens de produção repetitivos. Define-se como sistema de produção não repetitivo quando pelo menos

75% dos itens são não repetitivos e semi - repetitivo se pelo menos 25% dos itens são repetitivos e pelo menos 25% são não repetitivos. Indubitavelmente esses pontos de corte são arbitrários, porém eles refletem a experiência nos sistemas de produção reais. Usando essa definição podemos classificar desde o máximo de repetitividade ( sistema contínuo puro), até os com mínima repetitividade (projetos de grande escala ):

- C = PC: sistema contínuo puro.
- C = SC: sistema semi – contínuo: cada unidade de processo é contínuo puro, e há combinações das rotas entre os diferentes processos, esse processo é conhecido como sistema de produção de batelada.
- C = MP: produção em massa . Maioria dos itens são repetitivos.
- C = RP: Sistema de produção repetitivo. Se pelo menos 75% dos itens são repetitivos, nesse caso a industria metal/mecânica é um típico RP.
- C=SR: Sistema de produção semi- repetitivo. É considerado assim se possuir um número considerável de peças repetitivas e não repetitivas; as indústrias de peças para automóveis são um caso típico de SR.
- C=NR: Sistema de produção não repetitivo. A maioria dos itens são não repetitivos.
- C=LP: Projetos grandes.

#### **Nível de Automação (D)**

BRIGHT (1958) demonstrou que o controle da produção tem relação próxima com os níveis de automação. MACCARTHY & FERNANDES (2000) diferenciam os seguintes níveis de automação:

- N: automação normal: compreende todo tipo de mecanização onde o ser humano tem um alto grau de participação na operação ou nível de execução. Aqui é incluído os clássicos *flow-shops* e *job-shops*, os sistemas de manufatura celular com características *flow-shop* (CM<sub>1</sub>) e os sistemas de manufatura celular com características *job-shop* (CM<sub>2</sub>). Em CM<sub>1</sub> o padrão de fluxo é comum e em CM<sub>2</sub> o padrão de fluxo é variável, permitindo que estágios sejam omitidos e, também, contra-fluxos.
- F: automação flexível: tem, na operação ou nível de execução, o controle por computador no papel principal, trabalhando em rede com controle numérico, normalmente com alguma forma de tecnologia FMS. Os autores distinguem entre Sistema de Manufatura Flexível *flow-shop* (FMS<sub>1</sub>) e Sistema Manufatura Flexível *job-shop* (FMS<sub>2</sub>).
- R: automação rígida: é o tipo encontrado em linhas de transferência com equipamento altamente especializado e dedicado .
- M: automação mista: ocorre onde o sistema de produção processa unidades com diferentes níveis de automação.

#### **CARACTERIZAÇÃO DO PRODUTO (E)**

São identificadas 3 variáveis para esta característica.

##### *Estrutura do produto*

A estrutura do produto é diferenciada entre:

- SL: nível simples de produtos que não requerem montagem.
- ML: nível de multi-produtos que requerem montagem.

#### Nível de customização

O Nível de customização é distinguido entre:

- 1: produtos customizados, quando os clientes definem todos os parâmetros de *design* do produto.
- 2: produtos semi-customizados, quando os clientes definem parte do *design* do produto.
- 3: customização “*mushroom*”. MATHER (1988) descreve esse conceito como o atraso na diferenciação do produto tão tarde quanto possível no sistema de produção. Há um número de componentes ou módulos padrões que são combinados de várias formas nos estágios finais do sistema de produção com poucas operações adicionais.
- 4: produto padrão, quando os clientes não interferem no *design* do produto.

#### Número de produtos

Diferenciados entre:

- S: para um simples produto.
- M: para múltiplos produtos.

Assim sendo, a caracterização do produto como ML\_2\_M descreve um sistema de produção com múltiplos produtos tendo multi-níveis e pelo menos algum parâmetro do *design* do produto definido pelo consumidor. A idéia de uma classe de produtos homogêneos é importante no momento da aplicação da classificação. Isto significa que todos os produtos entram em uma mesma caracterização de produtos. Segundo os autores, há 7 possíveis grupos de produtos homogêneos ( SL\_1, SL\_2, SL\_4, ML\_1, ML\_2, ML\_3, ML\_4 ). O caso SL\_3 ( nível simples e customização “*mushroom*” ) não é possível.

### CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO (F)

A terceira característica da classificação é a característica do processo. Este importante aspecto dos sistemas de produção é representado por três variáveis:

#### Tipos de *layout*

Identifica-se os seguintes tipos de *layout*:

- S: estação de trabalho simples
- P: *layout* por produto.
- F: *layout* funcional ou *layout* por processo.
- G: *layout* por grupo.
- FP: *layout* por posição fixada: os recursos ( *homens*, equipamentos ) movem-se e não o produto.

### Tipos de estoques de segurança

Os estoques de segurança são diferenciados entre:

- 1: estoques antes do primeiro estágio de produção.
- 2: estoques intermediários entre os estágios de produção.
- 3: estoques depois do último estágio de produção.

### Tipos de fluxo

São definidos os seguintes tipos de fluxo:

- F1: estágio simples, por exemplo, uma máquina no centro.
- F2: estágio simples com máquinas idênticas em paralelo.
- F3: estágio simples com máquinas não idênticas em paralelo.
- F4: processo multi-estágios unidirecional, por exemplo, o clássico sistema *flow-shop*.
- F5: processo multi-estágios unidirecional, que permite que estágios sejam pulados (overflow).
- F6: processo multi-estágios unidirecional, com máquinas iguais em paralelo.
- F7: processo multi-estágios unidirecional com máquinas idênticas em paralelo mas permitindo que estágios sejam pulados (*overflow*).
- F8: processo multi-estágios unidirecional com máquinas não idênticas em paralelo.
- F9: processo multi-estágios unidirecional com máquinas não idênticas em paralelo, permitindo que estágios sejam pulados (*overflow*).
- F10: processo multi-estágios multi-direcional, por exemplo, o clássico sistema *job-shop*.
- **F11: processo multi-estágios multi-direcional com máquinas idênticas em paralelo.**
- F12: processo multi-estágios multi-direcional com nenhuma máquina idêntica em paralelo.

Obviamente, F12 é o tipo de fluxo mais complexo e todos os outros tipos de fluxo são um caso particular deste. Por exemplo, uma descrição como G\_1-3\_F5 é um processo com *layout* por grupo, com estoques de segurança antes do primeiro e do último estágio de produção e com tipo de fluxo F5 (processo multi-estágios unidirecional, que permite que estágios sejam pulados).

#### 4.2.4 CARACTERIZAÇÃO DA MONTAGEM

Esta característica é dividida em duas variáveis.

Tipos de montagem

Esta variável é dividida como segue:

- A1: Mista (ingredientes químicos, por exemplo).

- A2: Montagem de um grande projeto de engenharia (um grande prédio) feita com um *layout* de posição fixada.
- A3: Montagem de produtos pesados (uma grande máquina de ferramentas) feita em um *layout* de posição fixada.
- A4: Montagem de produtos leves (equipamentos médicos) em um posto de trabalho ou em um conjunto de postos de trabalho paralelos.
- A5: Linha de montagem ritmada, onde a linha nunca pára e os trabalhadores devem mover-se para cumprir suas tarefas.
- A6: Linha de montagem ritmada, onde a linha para por um número de unidades de tempo (ciclo de tempo) e os trabalhadores permanecem parados em seus postos de trabalho individuais.
- A7: Linha de montagem semi-ritmada, onde a linha não pára e o trabalhador libera o produto somente quando ele termina sua tarefa.
- A8: Linha de montagem não ritmada, onde a linha não pára e o trabalhador coloca o produto na esteira quando termina sua tarefa.
- A9: Linha de montagem não ritmada, onde a linha somente move-se quando o operador a ativa após ter terminado sua tarefa.

### **Tipos de organização do trabalho**

Para esta dimensão, foi adotada pelos autores, uma classificação da organização do trabalho baseada em JOHNSON (1991). A classificação multi-dimensional é a primeira que considera este aspecto. Os tipos de organização do trabalho são divididos em:

- I: Trabalho individual: o número de trabalhadores é igual ao número de postos de trabalho. No caso de linhas de montagem, o critério utilizado para alocar cada tarefa para um posto de trabalho é o balanceamento de toda a linha. Duas categorias específicas podem ser identificadas:
  - (Ia): sem rotação: cada trabalhador é fixado em um posto de trabalho.
  - (Ib): com rotação: quando existe a rotação de postos de trabalho entre os trabalhadores.
- T: Trabalho em equipe: os postos de trabalho (ou sub-linhas) são pré-definidos e cada um é operado por uma única equipe de trabalhadores. As tarefas *designadas* para cada trabalhador da equipe são decididas pelo balanceamento da sub-linha. Dois casos específicos podem ser identificados:
  - (Ta): toda tarefa é *designada* para um posto de trabalho específico.
  - (Tb): apenas algumas tarefas são *designadas* para um posto de trabalho específico.
- G: grupos de trabalho auto gerenciados: o grupo de trabalhadores de cada posto de trabalho tem autonomia para organizar o trabalho dentro do grupo.

### **RELAÇÕES ENTRE AS VARIÁVEIS**

MACCARTHY & FERNANDES (2000) citam, neste ponto, algumas relações entre as variáveis vistas anteriormente. Como exemplo estes autores citam que as variáveis número de empregados, nível de automação e tamanho da organização estão intimamente relacionados.

Outra relação clara é entre o volume de produção por produto (Q) e a variedade (número) de produtos (P). Para alto Q e baixo P um *layout* por produto é recomendado. Para médios P e Q o recomendável em termos de *layout* é o *layout* em grupo, e finalmente, para baixo Q e alto P, o recomendável é o *layout funcional* (por processo). A variável repetitividade essencialmente combina P e Q. Essa mesma variável (repetitividade) se relaciona com o nível de automação de acordo com a figura A.1. Os autores colocam que a incerteza associada a esta figura é a posição das linhas 1 e 2, a qual dependerá em muito da tecnologia e do sistema de controle empregado no FMS. O nível de repetitividade aumenta do *job-shop*, para CM<sub>2</sub> (celular com características do *job-shop*), CM<sub>1</sub> (celular com características do *flow-shop*) e sistema *flow-shop*. Naturalmente FMS<sub>1</sub> (sistema flexível de manufatura *flow-shop*) tem maior repetitividade que FMS<sub>2</sub> (sistema flexível de manufatura *job-shop*). O maior nível de repetitividade é dado pelas linhas de transferência.

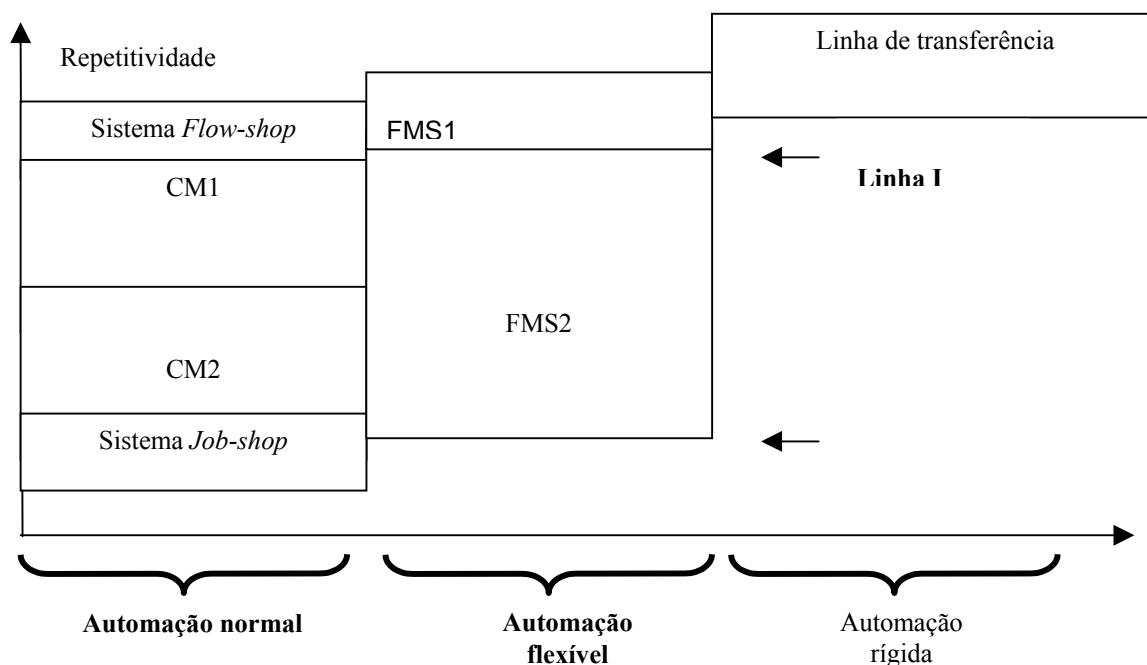


Figura A.1: Nível de automação X nível de repetitividade.  
Fonte: MACCARTHY E FERNANDES ( 2000 ).

Uma observação que MACCARTHY & FERNANDES (2000) fazem neste ponto, é a respeito do tempo de resposta e do nível de customização. Estes autores defendem que estas duas variáveis descrevem a relação entre o sistema de produção e o mercado, portanto é importante que a literatura relatada para os sistemas PPC especifiquem esta relação.

