

**Universidade Federal de Santa Catarina**  
**Programa de Pós-Graduação em**  
**Engenharia de Produção**

**UM MODELO DE DIMENSIONAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE  
OPERADORES POLIVALENTES EM CÉLULAS DE MANUFATURA  
DIRECIONADO ÀS EMPRESAS COM PROCESSOS  
REPETITIVOS EM LOTES**

**José Almeida Santos Junior**

**Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Engenharia de Produção da  
Universidade Federal de Santa Catarina  
como requisito parcial para obtenção do título de  
Mestre em Engenharia de Produção**

**Florianópolis, julho de 2001**

**JOSÉ ALMEIDA SANTOS JUNIOR**

**UM MODELO DE DIMENSIONAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DE  
OPERADORES POLIVALENTES EM CÉLULAS DE MANUFATURA  
DIRECIONADO ÀS EMPRESAS COM PROCESSOS  
REPETITIVOS EM LOTES**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do título de Mestre em  
Engenharia de Produção no Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina

Florianópolis, julho de 2001.

Prof. Ricardo Miranda Barcia, Ph.D.  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação

**BANCA EXAMINADORA:**

---

Prof. Dalvio Ferrari Tubino, Dr.  
**Orientador**

---

Prof. Osmar Possamai , Dr.

---

Prof. Gregório Jean Varvakis Rados , Dr.

## **DEDICATÓRIA**

*À minha mulher, Ana Paula, e aos nossos filhos Caio Jorge e Pedro Henrique,  
pelo apoio, incentivo, companheirismo e compreensão nos momentos  
dedicados a elaboração deste trabalho.*

## **AGRADECIMENTOS**

*À Deus, por me permitir vivenciar momentos de engrandecimento pessoal.*

*Aos meus pais, José Almeida e Nilma Santos, pelo amor, carinho e apoio que sempre me deram.*

*Ao Dálvio Tubino, Dr., meu orientador, a quem devo uma grande e valiosa contribuição, em especial pela dedicação demonstrada ao externar seu elevado conhecimento.*

*À Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, pela disponibilidade dos seus métodos e profissionais, os quais demonstraram durante o convívio, extrema competência.*

*À Universidade de Fortaleza - UNIFOR, em especial ao Centro de Ciências Tecnológicas - CCT pela oportunidade, confiança e contribuição oferecidas para que esta dissertação pudesse ser realizada.*

*Agradeço a empresa que me permitiu testar o modelo aqui proposto e a todos os seus colaboradores, sem os quais sua comprovação não seria possível.*

*À todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização dessa pesquisa.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>p.viii</b>
<b>LISTA DE REDUÇÕES .....</b>	<b>p.x</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>p.xi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>p.xii</b>

### **CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO**

1.1 Origem do trabalho .....	p.1
1.2 Importância .....	p.2
1.3 Objetivos .....	p.5
1.4 Limitações .....	p.6
1.5 Estrutura do trabalho .....	p.7

### **CAPÍTULO 2 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

2.1 Introdução .....	p.10
2.2 A nova fábrica – A utilização das ferramentas do JIT.....	p.12
2.3 Células de manufatura .....	p.25
2.4 Padronização das operações .....	p.31
2.5 Polivalência – Operadores polivalentes.....	p.33

2.6 Trabalhos desenvolvidos na área .....	p.47
2.7 Considerações finais .....	p.58

### **CAPÍTULO 3 – MODELO PROPOSTO**

3.1 Introdução .....	p.60
3.2 Dados básicos de apoio .....	p.66
3.3 Escolha da equipe de operadores .....	p.78
3.4 Nivelamento de conhecimentos .....	p.79
3.5 Dimensionamento da célula pelo tempo de ciclo.....	p.83
3.6 Designação dos equipamentos.....	p.89
3.7 Treinamento para a polivalência .....	p.93
3.8 Distribuição dos operadores na célula .....	p.95
3.9 Operação da célula .....	p.100
3.10 Considerações finais.....	p.103

### **CAPÍTULO 4 – APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO PROPOSTO**

4.1 Introdução .....	p.106
4.2 Dados básicos de apoio .....	p.114
4.3 Dimensionamento dos operadores polivalentes .....	p.117
4.4 Designação dos equipamentos.....	p.119
4.5 Escolha da equipe e nivelamento de conhecimentos.....	p.121

4.6 Treinamento para a polivalência.....	p.123
4.7 Distribuição dos operadores na célula .....	p.125
4.8 Operação da célula .....	p.127
4.9 Considerações finais .....	p.128

## **CAPÍTULO 5 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

5.1 Conclusões .....	p.133
5.2 Recomendações para trabalhos futuros .....	p.138
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>p.140</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>p.145</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Estrutura do trabalho .....	p.8
Figura 2.1 – Comparação entre sistemas de puxar e empurrar .....	p.22
Figura 2.2 – Modelo de sistemas de produção em linha apoiado em operadores especialistas .....	p.27
Figura 3.1 – Visão geral do modelo proposto.....	p.63
Figura 3.2 – Visualização dos dados básicos de apoio .....	p.65
Figura 3.3 – Árvore do produto.....	p.67
Figura 3.4 – Desdobramento das rotinas operacionais .....	p.68
Figura 3.5 – Planilha de dimensionamento de operadores polivalentes...	p.69
Figura 3.6 – Modelo de folha de processo .....	p.73
Figura 3.7 – Instrução operativa .....	p.75
Figura 3.8 – Atribuições gerenciais para o nivelamento de conhecimentos .....	p.80
Figura 3.9 – Visão geral da excelência na manufatura para o nivelamento de conhecimentos .....	p.82
Figura 3.10 – Metodologia proposta para dimensionamento dos operadores pelo TC .....	p.86
Figura 3.11 – Metodologia proposta para a designação dos equipamentos pelo TC .....	p.91
Figura 3.12 – Matriz de polivalência .....	p.94
Figura 3.13 – Folha de rotina de operações-padrão .....	p.97

Figura 3.14 – Tempo de ciclo menor do que o roteiro de fabricação.....	p.98
Figura 3.15 – Proporção das atividades desenvolvidas em uma fábrica....	p.102
Figura 4.1 – Estrutura organizacional da empresa.....	p.109
Figura 4.2 – Fluxograma simplificado do processo produtivo.....	p.110
Figura 4.3 – Visão geral do modelo aplicado.....	p.112
Figura 4.4 – Relacionamento entre planilhas utilizadas no modelo .....	p.113
Figura 4.5 – Planilha de programação de produtos.....	p.115
Figura 4.6 – Folhas de processo para os elementos “A” e “B”.....	p.117
Figura 4.7 – Dimensionamento da mão-de-obra polivalente para montar os elementos “A” e “B” .....	p.118
Figura 4.8– Designação dos equipamentos para montagem dos elementos motores .....	p.120
Figura 4.9 – Matriz de polivalência antes do treinamento para montar elementos “A” e “B” .....	p.122
Figura 4.10 – Matriz de polivalência após o treinamento para montar elementos motores .....	p.124
Figura 4.11 – Folha de rotina de operações-padrão para montagem dos elementos “A” e “B” .....	p.126
Figura 4.12 – Planilha de acompanhamento e controle de produção.....	p.127
Figura 4.13 – Melhorias obtidas com a utilização do modelo de dimensionamento .....	p.130

## LISTA DE REDUÇÕES

## **Abreviaturas**

GM = General Motors

JIT = Just in Time

MP = Matéria Prima

OC = Ordem de Compra

OF = Ordem de Fabricação

OM = Ordem de Montagem

PA = Produto Acabado

PMP = Plano Mestre de Produção

TQC = Total Quality Control

## **Símbolos**

® = Marca registrada

## RESUMO

Diante da competitividade mundial, os produtos e seus processos de fabricação estão em constante evolução tecnológica para melhoria da qualidade e redução de custos.

Com isso, o tempo utilizado pelas empresas na elaboração do dimensionamento de sua mão-de-obra, é um dos fatores que tem levado os responsáveis pelo dimensionamento a usarem grande parte das suas jornadas de trabalho na busca das melhores alternativas operacionais do sistema produtivo.

Este trabalho apresenta um modelo de *dimensionamento e distribuição dos operadores polivalentes em células de manufatura*, o qual contempla toda cadeia interna de informações desde o Plano Mestre de Produção - PMP até a operação da célula.

Baseado em planilhas eletrônicas, o modelo é desenvolvido a partir de um *software* simples e de fácil operação. O caráter prático da presente proposta de dimensionamento de operadores polivalentes constitui-se numa opção simples e de baixo custo para as empresas com processos repetitivos em lotes e que utilizam a polivalência dos operadores em células de manufatura apoiada na filosofia JIT/TQC.

O modelo proposto foi implementado em uma empresa fabricante de equipamentos elétricos, situada na região Nordeste do Brasil.

## **ABSTRACT**

Due to worldwide competitiveness, the products and its production processes have been through a constant technological evolution for improvement of the quality and reduction of costs.

Because of that, the time used by companies to make reliable calculation of labor is one of the factors which have brought the ones in charge of it to spend a lot of time in the search of the best operational alternative for the productive system.

This work presents a calculation and distribution of the versatile operators in manufacturing cells, which covers all internal network of information from the Master Plane of Production – MPP – to the operation of the cell.

Based on spreadsheets, the model is developed from a simple way of easy operation. The practical character of the present proposal of versatile operators make it a simple and low cost choice for companies which have repetitive processes and use the polyvalence of operators in manufacturing cells supported by the JIT/TQC philosophy.

The proposed model was implemented in a electrical devices manufacturing company located in the Northeast coast of Brazil.

# **CAPÍTULO 1**

## **INTRODUÇÃO**

### **1.1 ORIGEM DO TRABALHO**

A era da informação exige flexibilidade baseada no conhecimento e na capacidade de resposta das empresas que dependem das técnicas de gestão utilizadas em seu processo produtivo.

Desde quando a organização científica do trabalho foi desenvolvida por Taylor [1990], progressos formidáveis estão sendo observados em muitas empresas, pois no ambiente pós-taylorista e pós-industrial o sistema de gestão e controle do processo produtivo parte da necessidade do uso da polivalência das atividades dos operadores e de um modelo sistematizado de dimensionamento.

Percebe-se que as inovações tecnológicas e as novas formas de gestão e organização da produção requerem um maior envolvimento do trabalhador, que deve ser “flexível” no sentido de ser capaz de executar funções diferenciadas no chão-de-fábrica, bem como possuir uma visão mais sistêmica do processo produtivo.

O trabalhador, antes especializado em um único segmento do processo de produção, deve estar capacitado para realizar diferentes tarefas e ser capaz de solucionar de forma criativa os problemas que possam surgir na produção.

A partir da adoção do *JIT/TQC*, o aspecto filosófico da polivalência já está amplamente explorado por vários autores. No entanto, o aspecto dimensionamento dos operadores polivalentes necessita de uma abordagem de maior aprofundamento técnico e científico.

Diante desse cenário, foi desenvolvido um modelo de *dimensionamento e distribuição dos operadores polivalentes em células de manufatura*, o qual contempla toda cadeia interna de informações desde o PMP até a operação da célula.

O modelo apresentado foi desenvolvido a partir de um *software*, baseado em planilhas *Excel®*, de forma simples e de fácil operação.

O caráter prático da presente proposta de dimensionamento de operadores polivalentes constitui-se numa opção simples e de baixo custo para as empresas que utilizam operadores polivalentes em seu processo produtivo.

## **1.2 IMPORTÂNCIA**

O atual cenário mundial, de extrema competitividade tem pressionado as empresas a adoção de filosofias de trabalho e a uma metodologia mais moderna de dimensionamento de operadores polivalentes.

Como um dos principais elementos redutores de desperdícios do sistema produtivo, o dimensionamento da mão-de-obra direta é desenvolvido, sob a ótica técnica, com análise de valores quantitativos e, sob a ótica social, com envolvimento no aumento ou redução de empregos e capacitação profissional das pessoas.

O tempo que é desprendido pelas empresas na elaboração de um dimensionamento confiável, é outro fator que tem levado os responsáveis pelo dimensionamento a usarem grande parte das suas jornadas de trabalho na busca de alternativas que melhor se adequem às necessidades operacionais do sistema produtivo.

Não existindo o apoio da informática, muitos dias e recursos são usados manipulando números, podendo inclusive chegar a resultados não convincentes.

Atualmente, existem alguns *softwares de simulação* aplicados em dimensionamentos e balanceamentos os quais partem de uma heurística mais complexa, com respostas distintas, atendendo às mais variadas exigências, consumindo, em sua grande maioria, parcela significativa de recursos financeiros. O *Arena®*, por exemplo, da empresa Systems Modeling Corp, é desde 1993, um dos simuladores de processos produtivos utilizado, porém seu preço de aquisição não permite sua utilização de forma ampla.

Outro exemplo de sistema foi apresentado em dezembro do ano 2000 pelo Departamento de Engenharia de Produção da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), o qual analisa o problema de

balanceamento/rebalanceamento das linhas de montagem operadas por grupos de trabalho autogerenciados propondo um modelo otimizador de programação inteira que é tratado computacionalmente por meio da linguagem de modelagem *GAMS* (“*General Algebraic Modeling System*”) e solver *Zoom*. Neste caso, o modelo parte de uma heurística muito complexa para utilização no dia a dia das pequenas e médias empresas que utilizam operadores polivalentes trabalhando em células de manufatura.

A importância e vantagem do modelo de dimensionamento e distribuição dos operadores polivalentes em células de manufatura desenvolvido nesta dissertação reside basicamente nos seguintes pontos:

- ✓ na sua visão sistêmica desde a análise dos dados de apoio à produção, seleção e treinamento da equipe de operadores, dimensionamento dos operadores, designação das máquinas e equipamentos, até a operação da célula;
- ✓ na rápida resposta às simulações feitas a partir da demanda do período, padronização do processo, disponibilidade física das células, das máquinas e equipamentos que a compõem;
- ✓ no uso de uma ferramenta com baixo custo, de fácil operação, com base em planilhas de uso largamente conhecido em computadores pessoais;
- ✓ na utilização de uma só pessoa com conhecimentos técnicos de nível médio, operando a ferramenta e analisando os resultados.

- ✓ na redução de custos, para as empresas, com o dimensionamento e distribuição dos operadores polivalentes em células.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 OBJETIVO GERAL**

Desenvolver um modelo de dimensionamento de operadores polivalentes em células de manufatura direcionado a empresas com processos repetitivos em lotes.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

A partir do objetivo geral proposto nesse trabalho, os seguintes objetivos específicos serão propostos:

- ✓ revisar a bibliografia que aborda conceitualmente a questão do dimensionamento e distribuição de operadores da administração científica de *Taylor* até a polivalência apoiada na filosofia *JIT/TQC* no sentido de consolidar a base teórica do modelo proposto;

- ✓ desenvolver um modelo simples para o dimensionamento e distribuição de operadores polivalentes em células de manufatura;
- ✓ aplicar na prática o modelo proposto para testar sua validade;
- ✓ apresentar os resultados e conclusões oriundas da implementação do modelo.

## 1.4 LIMITAÇÕES

As limitações do modelo utilizado no trabalho, recaem no desenvolvimento de atividades puramente operacionais para processos repetitivos em lotes, onde sabidamente a implantação da polivalência com células de manufatura apresenta os melhores resultados.

A comprovação prática do modelo de dimensionamento foi obtida em uma empresa fabricante de equipamentos eletromecânicos de precisão, utilizando para isso um *software* montado em planilhas eletrônicas desenvolvidas para tratar sistemas de produção repetitivos em lotes. Portanto, o modelo e o *software* utilizado tem seu uso restrito a alguns segmentos produtivos que utilizam a padronização de atividades em seu processo de fabricação, montagem, ou nos dois processos produtivos. Não há como garantir a sua utilização em empresas prestadoras de serviço ou nos sistemas de produção em massa e sob encomenda. Assim, generalizar seu uso para todos os tipos de sistemas é precipitado, pelas características inerentes ao próprio

desenvolvimento do modelo quando associado aos diversos sistemas de produção.

Diante do exposto, há a necessidade de elaboração de outros trabalhos que desenvolvam um modelo próprio ou adaptem o modelo proposto, em processos sob encomenda que possuam uma padronização mínima de tarefas, em processos contínuos que possuam operadores polivalentes com rotinas operacionais, e em empresas prestadoras de serviços que possuam uma padronização ou rotina operacional em seu processo e possam utilizar o conceito de células administrativas.

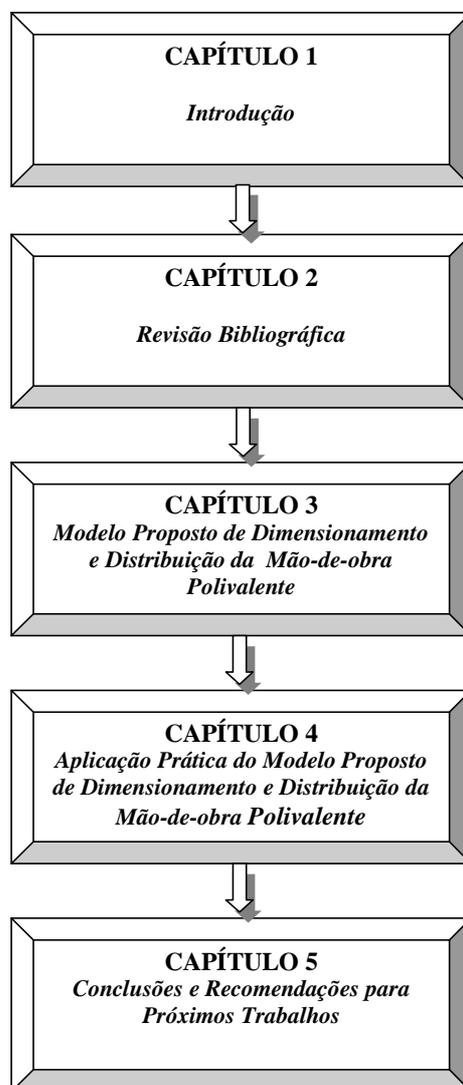
## **1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO**

Este trabalho está estruturado em capítulos, abordando aspectos distintos conforme apresentado na Figura 1.1.

Conforme visto, nesse primeiro capítulo foram apresentados os tópicos referentes à origem do trabalho, sua importância, seus objetivos geral e específicos, suas limitações e estrutura geral do trabalho.

No segundo capítulo são apresentados alguns conceitos básicos e as visões acadêmicas dos diversos tópicos relacionados com a polivalência da mão-de-obra, seu dimensionamento e distribuição na produção, como uma das ferramentas de flexibilidade da filosofia *JIT/TQC*.

Figura 1.1 Estrutura do Trabalho.



No capítulo 3 é apresentado o modelo proposto de dimensionamento e distribuição dos operadores polivalentes, considerando as lacunas existentes observadas na revisão bibliográfica. É proposto um modelo simples subdividido em dois horizontes de tempo distintos: planejamento e operação.

No planejamento para dimensionamento e distribuição da mão-de-obra polivalente em células são abordadas seis etapas, dentre as quais: *escolha da equipe, nivelamento de conhecimentos, treinamento para a polivalência, dimensionamento da célula com base no tempo de ciclo (TC), designação dos equipamentos necessários e distribuição dos operadores.*

Na operação do modelo, a partir da definição dos operadores distribuídos na célula para um determinado tempo de ciclo, os programas de produção darão entrada no sistema produtivo, exigindo a rotina de operações padrão dos operadores para atendimento da demanda programada. Em paralelo a dinâmica de operação da célula, tem-se a etapa de *acompanhamento da eficácia do sistema*, que irá monitorar seu desempenho e servirá de suporte para a etapa de *melhoria contínua*, onde ações serão tomadas para o aperfeiçoamento do sistema.

No quarto capítulo é descrita uma aplicação prática do modelo proposto em uma fábrica de produtos eletromecânicos, mostrando como são utilizadas e processadas as informações necessárias para a execução de cada etapa através de planilhas *Excel®*.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões obtidas através do desenvolvimento desse trabalho e feitas as recomendações para trabalhos futuros.

## CAPÍTULO 2

### REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1 INTRODUÇÃO

Desde o início da Revolução Industrial, no século XIX, os homens procuram racionalizar os trabalhos nas fábricas. Já no fim do século XIX surgiu a tão criticada “Administração Científica do Trabalho”, cujo criador, Taylor, virou sinônimo de “robotização” do homem.

Desde então, muitas técnicas de estudo do trabalho foram desenvolvidas, de forma que nessa revisão bibliográfica o enfoque estará na polivalência da mão-de-obra direta e os trabalhos até então desenvolvidos para o seu dimensionamento e distribuição em células de manufatura.

No entanto, não se pode falar em polivalência da mão-de-obra direta sem delinear de forma objetiva e sucinta a filosofia *Just in Time (JIT)*, associada ao *Total Quality Control (TQC)* e as demais ferramentas que a compõem.

Para uma boa compreensão da forma de funcionamento da filosofia *JIT*, técnicas de Engenharia Industrial e princípios de gerenciamento serão apresentados, os quais, segundo Miltenburg [2001], uma vez implantados de

forma completa, irão assegurar às empresas industriais os benefícios decorrentes de seu uso, o conseqüente diferencial diante da concorrência e o sucesso em seu mercado de atuação.

Tubino [1995], em sua pesquisa com empresas brasileiras, verificou que a razão maior que leva as empresas a implementarem o *JIT* é a busca pelo aumento da produtividade e da flexibilidade, com a redução de estoques, a garantia da qualidade, o treinamento e educação contínuos da mão-de-obra.

Diante desse cenário, pode-se ressaltar as seguintes ferramentas, que serão detalhadas a seguir, como que fundamentais para um bom funcionamento da filosofia *JIT*: Controle da Qualidade Total (TQC); Dispositivos Contra Erros (*Poka-yokês*); Atividades de Pequenos Grupos (APGs); Produção Focalizada; Produção Puxada; Manutenção Produtiva Total (TPM); Redução dos Tempos de Preparação (*Setup*).

Além dessas ferramentas, a filosofia *JIT* está fundamentada na polivalência e nas células de manufatura. Como esses dois pontos são o objeto principal de estudo deste trabalho, eles serão apresentados em destaque na seqüência do capítulo.

## 2.2 A NOVA FÁBRICA – A UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DO *JIT*

A filosofia de trabalho japonesa denominada *Just in Time (JIT)*, surgiu no Japão pioneiramente na *Toyota Motors Company*, com o principal objetivo de eliminar as perdas na produção. Até então o Japão utilizava a filosofia de produção empurrada (*push*), nesse trabalho denominada *Just in Case (JIC)*, onde a predominância da produção em massa se apresentava ineficaz principalmente no atendimento a pequena demanda por produtos e em especial por automóveis no Japão após a segunda grande guerra.

Anteriormente o que predominava nos sistemas produtivos eram as teorias e modelos operacionais de Frederick Taylor apoiada na Administração Científica do Trabalho, teoria esta comprovada na prática por Henry Ford, ao estruturar as tarefas de montagem de automóveis em torno de uma correia transportadora. Com esse modelo o mercado estava na condição de receber o que a indústria de bens oferecia como produtos, especificamente automóveis.

Segundo o criador da filosofia *JIT* Taiichi Ohno, *Just in Time* significa que em um processo produtivo onde estejam envolvidos clientes e fornecedores os componentes devem chegar a linha de montagem corretamente, no momento e quantidades certas [Ohno, 1997].

Um dos principais objetivos econômicos da filosofia *Just in Time* é a redução de estoques e conseqüentemente capital parado. Outro objetivo claro

que a filosofia apregoa [Hobbs, 1994] é o de que a partir da redução de estoques em processo, os problemas de qualidade são percebidos de forma mais rápida e corrigidos de forma mais eficaz. As causas geradoras de não conformidades são identificadas com maior rapidez. A partir de então se consolidou a composição *JIT/TQC*.

Segundo Tubino [1999], o Japão passou a ser reconhecido como padrão de excelência a partir da utilização dos princípios gerais da filosofia *JIT* associada ao *Total Quality Control (TQC)* aplicados nos ramos de autopeças e eletrônica.

Zilbovicius [1999], destaca que a lógica das práticas japonesas é uma decorrência do aprofundamento de práticas anteriormente existentes no Ocidente, derivadas da matriz do modelo fordista.

Economicamente, o *JIT* permite que os estoques de matérias-primas, materiais em processo e produtos acabados tendam a zero de forma a se reduzir consideravelmente os inventários. Além disso, a eliminação dos estoques permite, através do gerenciamento visual da fábrica, uma rápida percepção e busca das possíveis causas e da melhor solução para os problemas que ocorrem no chão-de-fábrica. Conforme Shingo [1996] coloca em seu livro *Sistema de Produção Com Estoque Zero*, o estoque deve ser considerado como mal absoluto e deve ser totalmente eliminado.

Segundo Ghinato [1995], o *JIT* traz consigo o Controle de Qualidade Total, onde na prática é aplicada a idéia do “zero defeito” (CQZD). O principal objetivo

é o de garantir que o sistema produtivo seja capaz de produzir de forma sistemática produtos com ausência de defeitos.

Jarrel e Easton [1993] e Nakamura, Sakakibara e Schroeder [1998] apresentam separadamente os conceitos de *JIT* e *TQC*. Para estes, o controle da qualidade total é empregado no chão-de-fábrica sem considerar seus efeitos e custos, se contrapondo ao *JIT* que explicitamente prega um esforço total na redução dos custos diretos e indiretos.

Outros autores como Vakuska [1996], Garg, [1998], Miyake [1998] e Ward [1999] relatam que há uma relação evidente entre *JIT* e *TQC*, porque em ambos objetiva-se a intensa racionalização das operações de produção, com o esforço pela eliminação de desperdícios e, ainda com metas comuns como a eficiência do processo produtivo, a busca pela melhoria contínua e o envolvimento de todos em ações mais adequadas ao cliente.

Segundo Paladini [1995] a relação entre *just-in-time* e o controle da qualidade total é observada em exemplos simples de implantação, como as seguintes:

- para o *JIT*, os operadores devem desenvolver múltiplas funções. O *TQC* privilegia a responsabilização do operador pela qualidade. O *JIT*, assim, viabiliza esta posição;
- *JIT* prioriza o trabalho em grupo. Esta pode ser uma estratégia relevante

para os processos motivacionais e de formação de pessoal, necessários ao *TQC*;

- *JIT* utiliza lotes menores de produção, que facilitam a análise de eventuais defeitos, preocupação do *TQC*;
- *JIT* reduz estoques, sejam quais forem (matérias-primas, produtos acabados ou intermediários). Isto obriga o *TQC* a ter esquemas ágeis de liberação de peças e incentiva a garantia da qualidade;
- *JIT* investe nos recursos do processo produtivo e atua sobre eles para reduzir seus custos de operação, eliminar perdas, defeitos, refugos, retrabalho e, enfim, desperdícios em geral, e racionaliza ações em termos de lotes menores e equipamentos mais eficientes;
- *JIT* também atua sobre os resultados do processo, por exemplo, aumentando capacidades de operação e gerando produtos com maior qualidade. Com isso tornam-se evidentes os objetivos do controle da qualidade total.

Dentro do conceito amplo de *TQC*, dois pontos específicos são particularmente importantes na manufatura *JIT*. Um deles é o de dispositivos a prova de erros, que garantem 100% de inspeção ou o zero defeito, o outro é o de atividades de pequenos grupos, conhecidas na terminologia do *TQC* como Círculos de Controle de Qualidade (CCQ), onde a autonomia da mão de obra

polivalente é exercida.

A produção *JIT* é um conceito de extrema importância e tudo, segundo Shingo [2000], deve ser produzido da forma mais barata possível. Isso só é obtido com a redução dos estoques, com a sincronização dos processos de produção e com a eliminação de erros.

No entanto, é no processo de produção que as grandes perdas ocorrem. Com isso, visualiza-se a necessidade premente do uso dos *Poka-yokês*, dispositivos a prova de erros, no processo e na troca de ferramentas.

Shingo [2000] cita a necessidade de redução dos tempos de trocas de ferramentas, aumentando dessa forma os riscos de se cometer erros e perdas no processo e conseqüente aumento dos custos.

Diante da necessidade de redução de perdas, a partir dos anos 90, os grupos semi-autônomos têm sido crescentemente treinados e utilizados para sugerir um tipo de organização do trabalho que por meio da autonomia crescente dos trabalhadores diretos, pode responder com eficiência e eficácia aos requisitos de flexibilidade e demais exigências do mercado.

Marx [1997] afirma que os pequenos grupos, grupos autogeridos, ou grupos semi-autônomos se apresentam desde então como parte integrante de um projeto empresarial em busca de competitividade e desempenho.

Para Ohno [1997], o trabalho em grupo é uma peça fundamental para a redução dos desperdícios e para a realização da produção em fluxo. Ohno [1997] sugere ainda que os esforços sejam orientados para produzir com o menor número possível de trabalhadores, objetivo que pode ser obtido com a utilização conjunta do trabalho cooperativo e em grupos, além do uso intensivo dos estudos de tempos e métodos para a racionalização do trabalho e aumento de produtividade da organização, direcionados para uma produção focalizada.

De acordo com Tubino [1999], a idéia da produção focalizada é fazer com que um produto ou uma família de produtos possa ser tratada como um negócio específico, com suas características produtivas e mercadológicas próprias, segundo uma estratégia competitiva adequada para cada produto.

Segundo Harmon e Peterson [1991] uma fábrica focalizada possui as seguintes vantagens na busca pelos princípios da filosofia JIT/TQC:

- domínio do processo produtivo: por ser uma fábrica pequena as comunicações fluem mais facilmente, permitindo que cada gerente, supervisor e funcionário conheça todos os aspectos importantes da fabricação dos produtos. Desta forma, aumenta-se a identificação e solução de problemas;
- gerência junto à produção: com o enxugamento dos níveis hierárquicos pela redução da complexidade dos processos, a gerência pode ficar localizada próxima ao chão-de-fábrica, aumentando a velocidade de resposta na

tomada de decisões. O gerenciamento pode ser mais centrado nos aspectos visuais do que em cima de relatórios periódicos;

- *staff* reduzido e exclusivo: o pessoal de apoio pode ficar junto ao local onde presta o serviço, especializando-se em suas tarefas. A focalização do *staff* facilita a programação dos serviços de apoio aos clientes internos, reduzindo as paradas de produção e acelerando a solução dos problemas;
- estímulo à polivalência de funções: em fábricas pequenas tanto as funções produtivas como as de apoio são executadas por um número menor de pessoas, induzindo ao conceito de funcionário polivalente. As responsabilidades pela produção, qualidade, manutenção, movimentação, e demais atividades pertinentes ao processo produtivo são compartilhadas por todos e podem ser melhor distribuídas. Permite o uso efetivo do conceito de círculos de controle de qualidade (CCQ) e de remuneração variável pelo desempenho do grupo;
- uso limitado dos recursos: em fábricas pequenas os recursos colocados a disposição da produção são limitados, o que facilita a identificação e eliminação de atividades que não agregam valor aos produtos e estimula a disseminação do princípio do melhoramento contínuo. Estoques excessivos e equipamentos ociosos prontamente aparecem.

O que se observa na conjuntura atual é a montagem de pequenas fábricas focalizadas para uma determinada montadora, onde estas se instalam fisicamente próximas da empresa-cliente (montadora), ou em regime de

Consórcio Modular ou Condomínio Industrial de maneira a obter vantagens tanto em termos internos como em termos de logística de fornecimento.

Como exemplo, pode-se citar a montadora *General Motors* no Brasil. Em sua fábrica de Gravataí no Rio Grande do Sul, praticamente todo o carro é feito no local pela GM e 17 sistemistas utilizando o conceito de condomínio industrial. Trata-se do primeiro projeto de uma montadora no mundo, e por enquanto o único, em que a fábrica é concebida em função do sistema de distribuição do carro, o Celta.

O que o complexo industrial de Gravataí traz para o sistema *JIT* é uma nova relação entre cliente e fornecedor, na qual a eficiência na resposta, embora importante, talvez não seja a mais revolucionária. Ao reunir todos num só espaço, a GM estabeleceu um modelo de festão inédito. São 17 empresas trabalhando em volta de um único produto, o Celta, e agindo como uma só. Todas trabalham exclusivamente para a montadora. Todas sabem exatamente como está o ritmo de vendas de cada uma. Essa informação, que seria financeiramente sensível em outras condições, circula tanto na rede eletrônica que as une, quanto nas *dollies* da TNT que transportam as peças.

Todos os sistemistas recebem diariamente um pedido de manufatura, assim como uma previsão semestral de vendas. Todos mantêm estoques reduzidos. E nenhum faz um produto igual ao outro. Trata-se de um pacto bem diferente do sistema fordista e muito mais complexo do que o estabelecido pela IBM ou pela Dell, que deixam seus fornecedores vinculados, mas sem o mesmo

sentimento de fidelidade. É o que se poderia chamar de uma nova organização industrial, feita para uma nova economia, em que a rapidez coletiva da resposta ao mercado é mais importante que os interesses individuais de cada empresa [revista EXAME 2000].

O modelo adotado pela GM, em Gravataí é um exemplo atual da importância competitiva da produção puxada, que racionaliza os recursos de manufatura de forma a garantir que o fluxo produtivo só inicie a produção de um determinado lote quando houver sido requerido pelo cliente.

Segundo Tubino [1997], puxar a produção significa não produzir até que o cliente (interno e externo) de seu processo solicite a produção de determinado item. A medida em que o cliente de um processo necessita de itens, ele recorre aos estoques do fornecedor, acionando diretamente este processo para que os itens consumidos sejam fabricados e reponham os estoques.

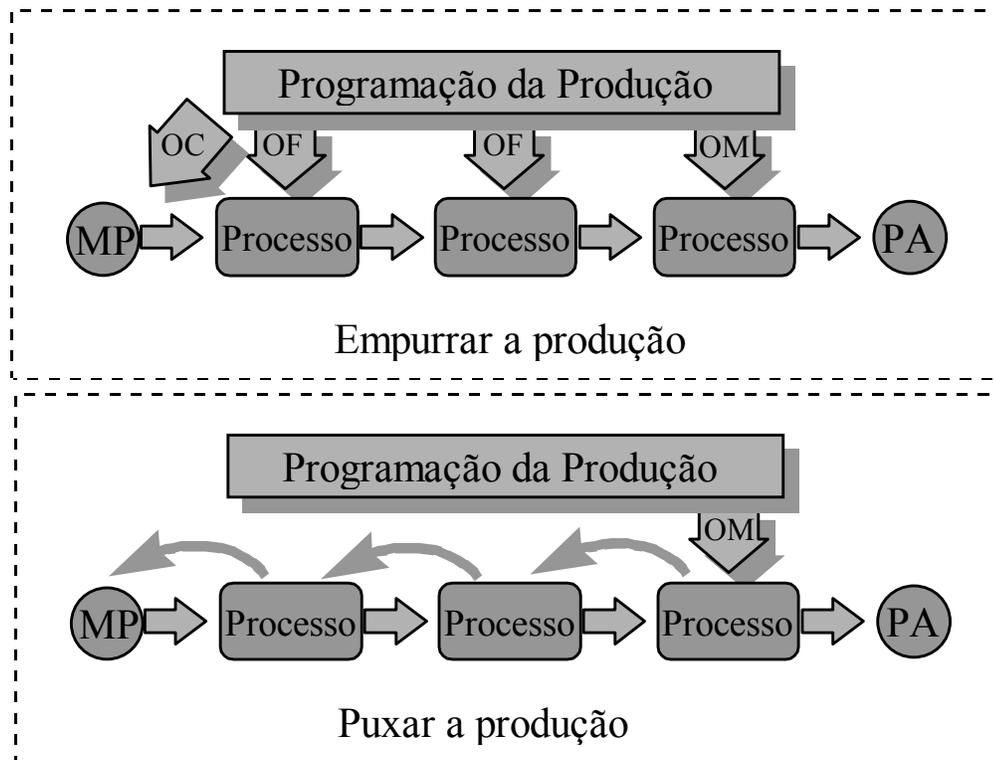
Conforme Huq e Pinney [1996], contrariamente a produção puxada (*pull*), a produção mais empregada pelas empresas ocidentais é a produção empurrada (*push*) onde o que existe é uma previsão da demanda, com uma falta de sincronização dos estágios de produção, acarretando elevados níveis de estoques na produção. Empurrar a produção significa elaborar periodicamente de acordo com a demanda prevista no plano mestre de produção, um programa de produção completo que contemple desde a compra da matéria-prima à montagem final do produto acabado. Nesse caso, as informações são transmitidas aos setores responsáveis através da emissão de ordens de

compra, fabricação e montagem.

Já Miltenburg [2001], afirma que além de ajustar a produção com a demanda, o sistema de puxar a produção carrega consigo a representação da qualidade total na prática, pois o que se utiliza é o fluxo unitário de produtos facilitando a visualização e transparência dos problemas que normalmente ficariam encobertos pelos sistemas convencionais de empurrar a produção. Estes dois modelos de produção são evidenciados na Figura 2.1.

A ferramenta utilizada para puxar a produção é conhecida como sistema *kanban*. O sistema *kanban*, desenvolvido na década de 60 pelos engenheiros da Toyota Motores, surgiu com o objetivo de simplificar e dar maior rapidez as atividades de programação, controle e acompanhamento da produção em lotes. A origem do sistema *kanban* partiu da análise da forma como os supermercados americanos, incipientes na época, tratavam seus estoques [Ohno, 1997].

Figura 2.1 Comparação entre sistemas de puxar e de empurrar.



Fonte: Tubino [1997].

Conforme Tubino [1999] afirma:

“O sistema kanban funciona baseado no uso de sinalizações para ativar a produção e movimentação dos itens pela fábrica. Essas sinalizações são convencionalmente feitas com base nos cartões kanban e nos painéis porta-kanbans, porém pode utilizar-se de outros meios, que não cartões, para passar essas informações. Os cartões kanban convencionais são confeccionados de material durável para suportar o manuseio decorrente do giro constante entre os estoques do cliente e do

fornecedor do item. Cada empresa, ao implantar seu sistema kanban, confecciona seus próprios cartões de acordo com suas necessidades de informações”.

Associado a manutenção, o sistema kanban funciona para os operadores como um sinalizador de prioridades. Segundo Chen [1997], como a Manutenção Produtiva Total está associada à idéia de quebra zero de máquinas e equipamentos e defeito zero na produção, a participação do homem está ligada diretamente na atitude de verificação contínua das condições operacionais dos equipamentos de seu uso diário maximizando a eficiência, aumentando a produtividade e competitividade do sistema produtivo.

Essa competitividade e exigência feita pelo mercado consumidor por diversidade de produtos e velocidade de atendimento de pedidos de fabricação, conduzem as empresas a serem flexíveis em seu sistema produtivo. Esta flexibilidade por sua vez, segundo Salerno [1991], pode ter quatro dimensões:

- inovação: em termos de capacidade de lançamentos de novos produtos, de incorporação de novos componentes e processos, de estrutura organizacional, e principalmente de articulação entre inovações em diferentes áreas;
- tempo: envolvendo o intervalo decorrido para a geração de resposta rápida a novas condições do ambiente. “O tempo pode assumir várias formas:

tempo total logístico, da encomenda à entrega, tempo de (re)projeto, tempo de atravessamento da produção, tempo necessário à mudança na estratégia de negócios” [Salerno,1991]. De forma mais objetiva o tempo se apresenta como medida relevante para avaliar a flexibilidade de uma empresa;

- custos: minimização de custos a médio prazo, ou dos custos de adaptação e preparação do sistema produtivo às variações do mercado;
- qualidade: capacidade de atendimento da demanda com produtos adequados aos padrões, além de preço e prazo.

Conforme Shingo [2000] afirma:

“..., embora seja impossível reduzir o número de tempos de preparação (setups) quando trabalhamos com produção diversificada e de baixo volume, existe a possibilidade de encurtar drasticamente a duração de cada um deles. Em conseqüência, mesmo em produção de baixo volume é possível amenizar bastante os efeitos do tempo de preparação e reduzir drasticamente os estoques”.

As maiores vantagens obtidas com a troca rápida de ferramentas, são: a minimização dos estoques, a produção orientada por ordem de serviço e a pronta adaptabilidade às alterações de demanda.

Diante dessa afirmação, a organização das máquinas em células de manufatura para a fabricação de famílias de peças com características de processo semelhantes favorece a reação do tempo e da frequência dos *setups*.

## 2.3 CÉLULAS DE MANUFATURA

Visto que o *layout* celular é um requisito essencial para a obtenção de operadores polivalentes, o projeto, o controle subsequente e a operação de um sistema de manufatura celular serão determinados por alguns pressupostos que, de certa forma, os caracterizam. Como à definição das escolhas das máquinas, os grupos ou famílias a serem trabalhados na célula, além do balanceamento da capacidade produtiva das máquinas com a demanda dos itens nela processados.

Temponi [1995], Bailey [1997] e Chan [1999] defendem o uso da tecnologia de grupo, visto que ela baseia-se no fato de que alguns dos componentes fabricados apresentam semelhanças que podem ser de tamanho, forma, processos, matéria-prima, outros. Consistindo em separar todas as peças/componentes em grupos ou famílias de peças similares cujas operações sejam semelhantes.

Miltenburg [2001], complementa os autores citados sugerindo que devem ser analisados os equipamentos disponíveis e suas respectivas capacidades,

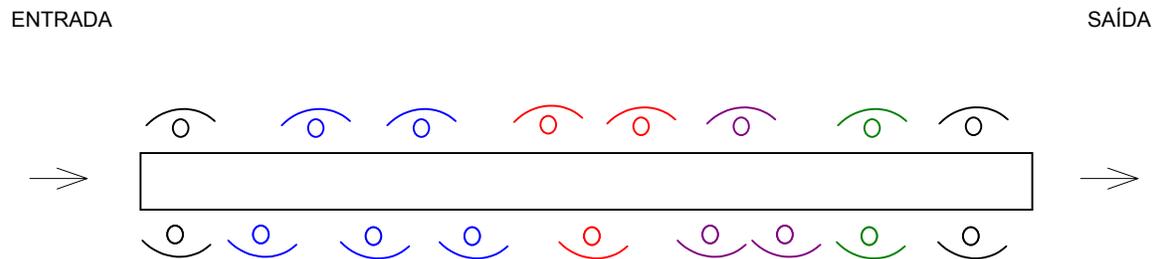
dispondo-os em um novo *layout* em forma de células ou grupos de máquinas dedicados a processar cada família de peças, analogamente, ao *layout* por produto.

Além das vantagens de reduzir a movimentação de materiais, os tempos de “fila” e o estoque em processo, o *layout* celular propicia maior facilidade de programação das cargas-máquina e melhor aproveitamento da mão-de-obra na célula, podendo um mesmo operador trabalhar simultaneamente em mais de uma máquina, tornado-se polivalente.

O conceito de células de manufatura surge da necessidade de se estabelecer na prática uma visão ampla de todo o processo produtivo. Nesse conceito, não cabe a visão limitada de um simples “apertador de parafusos”, mas a visão completa e ampla de um operador polivalente e multifuncional que, além de “apertar os parafusos”, sabe qual a função e importância de cada parafuso no produto final.

No início da revolução industrial, os estudiosos do trabalho da época, Taylor e, principalmente, Ford criaram o modelo do operário especialista e dedicado a uma única operação na cadeia interna de produção como mostra a Figura 2.2, derrubando a idéia da produção artesanal. O modelo do operário especialista teve seus “momentos de glória” até que a competitividade do mercado representada pela trilogia: preço, qualidade e prazo de entrega se apresentasse como realidade entre as indústrias.

Figura 2.2 Modelo de sistema de produção em linha apoiado em operadores especialistas.



Objetivamente, a manufatura celular é uma técnica que produz famílias de peças dentro de um único arranjo físico de máquinas e instalações, operadas através de pessoas multifuncionais e/ou polivalentes.

Wermmelöv [1997], afirma que a implementação dos sistemas de manufatura celular, freqüentemente realizada como parte de um programa mais amplo de *Just-in-Time*, exige mudanças nas atitudes e procedimentos em muitos departamentos da empresa, além de mudanças físicas aparentes no piso da fábrica.

Segundo Zilbovicius [1999]:

*“diversos analistas – e engenheiros, nas empresas – referem-se a arranjos físicos sob forma de células, associados à aplicação, no âmbito da esfera da engenharia, ao emprego do enfoque de “tecnologia de*

*grupo” (vide Wild, 1990; Hutchins, 1993; Demianiuk, 1963 e Mitrofanov, 1966), na qual as células são unidades produtoras de famílias ou grupos de peças que guardam alguma semelhança entre si, em termos de forma, seqüência de operações, tipo de equipamento necessário. Quando esse tipo de arranjo físico é apontado como parte do novo modelo há, de certo modo, um equívoco: as células, tomadas isoladamente, só reproduzem o que Modem denomina “ilhas”; é o conceito de ilha aplicado no interior da linha (e vice-versa) que caracteriza o sistema descrito por Modem”.*

Segundo a classificação de Yoshinaga [1998], o sistema celular de manufatura pode ser:

- sistema de uma só máquina (máquinas de comando numérico, centros de usinagem, etc.);
- sistema de várias máquinas com células baseadas na descrição do componente: embreagens, carcaças, eixos, etc.;
- sistema com várias máquinas com células baseadas nos roteiros de processo: corte, estampagem, solda, usinagem, montagem;
- sistema de manufatura celular total que envolve toda a empresa: engenharia, administração, pessoas, etc.

Yoshinaga [1998] explicita ainda que as células podem ser:

- fixas (“*full-time*”) : onde se processa um único tipo de peça, ou vários tipos de peças;
- móveis: operadas de acordo com a demanda. Utilizam-se máquinas sobre rodas;
- virtuais: quando grandes máquinas ou instalações não podem ser realizadas em células reais, deve-se estabelecer um fluxo contínuo (fluidez) do material processado, como se as máquinas estivessem próximas. As pessoas se organizam em equipes em função da necessidade da peça/produto.

Yoshinaga [1998] estabelece as seguintes etapas para implantação da manufatura celular:

1. Conscientização/Educação em células: treinamento para a direção e gerência e todos os colaboradores. Visitas a outras fábricas.
2. Comprometimento das pessoas: as pessoas são envolvidas em equipes para transmitirem sugestões e idéias, que venham de encontro aos princípios da manufatura celular.
3. Seleção de famílias de peças: a seleção de peças é feita por similaridade

de forma/geometria ou processo de fabricação.

4. Designação das máquinas: as máquinas envolvidas são analisadas em função da operação da célula.
5. Dimensionamento da célula: as máquinas, ferramentas e os demais recursos são dimensionados prevendo-se um horizonte de 2 a 5 anos.
6. Layout da célula: é estabelecido com os colaboradores o arranjo físico das máquinas e recursos.
7. Operação da célula: a locação gráfica dos tempos de máquinas e do homem em função do tempo de ciclo determina-se a necessidade de colaboradores.
8. Troca-rápida (*Setup*): as ferramentas e os dispositivos são aperfeiçoados prevendo-se mudanças/ajustes rápidos.
9. Época da mudança: Determinação da época e o prazo para a mudança com o estabelecimento dos recursos necessários.
10. Treinamento "*in-loco*" e implementação: acompanhamento por um certo tempo e envolvimento dos colaboradores nas APG's – Atividades de Pequenos Grupos para a solução dos problemas.

Miltenburg [2001], conclui que após três meses de implantação e uso das células de manufatura obtém-se um ganho de produtividade da ordem de 76%, redução do *lead time* em torno de 75%, redução dos estoques em processo em torno de 86% e 83% de redução em peças defeituosas.

## 2.4 PADRONIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES

Com base na norma ASME (*American Standard Mechanical Engineer*) uma operação é definida como sendo uma ação de transformação do produto, onde:

- alteram-se as características físicas ou químicas do produto;
- o produto é montado ou separado de outro objeto;
- o produto é preparado para execução de uma atividade seguinte.

A padronização das atividades da produção, e principalmente das operações, é uma ferramenta muito importante, a qual possibilitará aos operadores executarem e gerenciarem de forma sistêmica as várias etapas do processo produtivo em que estão inseridos. A padronização permite basicamente que diversos operadores executem a mesma tarefa, obtendo resultados estáveis ao longo tempo.

A sistematização dessa padronização é o ponto fundamental para se obter uma repetibilidade de qualidade do processo e do produto. No processo, os

operadores precisam conhecer o que fazer, por que fazer, quando fazer, onde fazer e principalmente como fazer. Dessa forma obtém-se um modelo de previsibilidade aceitável em termos de execução das atividades envolvidas na produção.

Segundo Nunes [1997], os pontos chaves da padronização são:

1. representa o melhor, mais fácil, e mais seguro caminho de realizar um trabalho;
2. oferece o melhor caminho para preservar o conhecimento do saber fazer (*know-how*). Padrões especificados evitam que o conhecimento saia com os empregados;
3. fornece um caminho para medir a performance;
4. mostra a relação entre causa e efeito. Padrões são baseados em experiência anterior: se as pessoas fazem as coisas de certa forma, elas sabem quais resultados acontecerão;
5. fornece uma base para a manutenção e a melhora. Seguir os padrões significa manutenção, modificá-los com benfeitorias significa melhorá-los;
6. fornecer objetivos e fixar metas de treinamento. Padrões escritos, ou em outras formas visuais, mostram o que deve ser aprendido;
7. fornecer uma base para o treinamento. Treinar operários para fazer o trabalho automaticamente, de acordo com os padrões;
8. criar uma base para auditoria e diagnose. Os padrões servem para lembrar

constantemente aos operários o que deve ser feito, e ajuda os gerentes a checar se o trabalho flui normalmente;

9. propiciar meios para prevenir a reincidência de erros.

## **2.5 POLIVALÊNCIA – OPERADORES POLIVALENTES**

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

Tubino [1999] complementa ainda que além de permitir maior flexibilidade ao sistema produtivo, a polivalência dos operadores possibilita uma série de vantagens adicionais quando comparadas ao sistema tradicional de trabalho monofuncional (Taylorista/Fordista), dentre as quais:

- comprometimento do operário com os objetivos globais do sistema produtivo, exercendo várias funções no seu ambiente de trabalho, facilitando assim o entendimento de quais são as reais necessidades de seus clientes internos;

- redução da fadiga e do estresse a partir da diversificação das ações físicas e o deslocamento do operador entre os equipamentos da célula. Dessa forma, os operadores ficam mais atentos ao cumprimento dos padrões das operações, evitando-se defeitos e acidentes de trabalho;
- disseminação dos conhecimentos, decorrente da rotatividade entre os vários postos de trabalho. Nesse caso, os operadores criam um ambiente extremamente propício a troca de experiências, conhecimentos e habilidades;
- facilidade de aplicação das técnicas de TQC em decorrência do conhecimento amplo por parte dos operadores do seu local de trabalho e das atividades desenvolvidas em grupo. Com isso, a aplicação de técnicas de identificação, análise e solução de problemas sejam efetivas;
- remuneração mais justa de acordo com o desempenho e habilidades do grupo. A remuneração deixa de ser em função apenas do tempo de trabalho do operador e passa a considerar principalmente o nível de habilidade, ou polivalência do mesmo.

No entanto, Zilbovícius [1999] afirma que na filosofia de operadores polivalentes, a divisão do trabalho no interior da fabricação se mantém, no que se refere ao projeto de postos de trabalho. Há porém, uma desvinculação entre posto e operador, e nisso, de fato, há um rompimento com um dos princípios do Fordismo, já que os arranjos físicos são definidos de modo a tornar possível

diferentes formas de alocação do trabalho entre postos. Mas a divisão do trabalho e a alocação de tarefas (e não de operadores) a postos continua sendo projetada segundo a lógica clássica da engenharia de produção tida como taylorista.

Zilbovícius [1999] afirma ainda que um operador polivalente é alocado em uma linha de produção com vinculação exclusiva a um determinado posto no qual são realizadas diversas operações pré-projetadas e definidas. Há multiquificação de diferentes tarefas alocadas em postos diferentes no interior da linha e, ao mesmo tempo há realização de atividades que não são diretamente agregadoras de valor: inspeções, testes, limpeza, ajustes, manutenção simples, ou atividades que demandam diversos tipos de conhecimentos e experiência. Essas atividades são inseridas nos poros de tempo ainda remanescentes após a alocação multitarefa.

A questão da qualificação é um dos pontos tomados como distintivos do modelo japonês em relação ao modelo clássico. Diversos autores (especialmente Womack *et al.*[1990]) apontam que ao emprego da lógica e das técnicas japonesas requer mão-de-obra mais qualificada e contribui para a elevação do nível de habilidade da força de trabalho. Zilbovícius [1999] afirma no entanto, que a linha de análise desenvolvida até agora permite concluir que a lógica japonesa de organização do trabalho orienta-se simultaneamente por:

- minimizar as inconsistências do processo normalmente decorrentes dos desbalanceamentos das linhas de fabricação;

- repassar ao piso da fábrica as atividades denominadas como elementos da “engenharia do cotidiano”.

Com relação aos operadores polivalentes, Zilbovicius [1999] conclui que é nesse ponto que se viola um dos pressupostos básicos do modelo taylorista-fordista: “*um homem/um posto*”. Mas é preciso cuidado: a proximidade entre postos nas minifábricas e células de manufatura permite que, ainda que as operações e tarefas estejam divididas entre postos e previamente projetadas segundo o clássico *best way*, cada operador possa trabalhar em mais de um posto – realizando diferentes operações, o que leva alguns analistas a considerar superada a divisão do trabalho e o próprio “taylorismo-fordismo”. As técnicas “tayloristas” continuam intactas no interior das práticas japonesas. Mas a análise em cima de um tempo de ciclo maior (menos mecanicista), a rotação entre postos, a ajuda ao colega atrasado, a limpeza da área de trabalho, a pequena manutenção corretiva ou preventiva passam a ser condições intrínsecas ao funcionamento do processo. Nenhuma tarefa é executada, porém, sem ter sido previamente projetada ou aprovada pela engenharia de produção.

Segundo Santini [1999], sob o ponto de vista das características dos operadores, o modelo clássico, baseado no posto de trabalho, enfatiza a força física em detrimento das habilidades de raciocínio, principalmente aquelas voltadas para a melhoria do processo de produção que passa a ser função da gerência e do corpo técnico. Todas as diretrizes relativas à gestão dos recursos humanos produtivos baseiam-se igualmente no posto de trabalho: treinamento,

seleção e avaliação de pessoal são diretamente vinculados à tarefa que cada operador deverá desempenhar em seu posto.

Até a segunda guerra mundial as idéias e princípios de Taylor e Ford e as teorias de divisão do trabalho resultaram em surpreendentes avanços de produtividade, e com isso dominaram as organizações industriais do mundo todo.

Ghinato [1995] considerou que a *Toyota Motor Company* foi “o berço do surgimento de uma série de novos conceitos de engenharia industrial”. A ênfase crescente foi dada à flexibilidade do trabalho. Em outras palavras, foi um movimento de valorização do potencial intelectual dos operários qualificando-os a participar de um movimento de racionalização do trabalho.

Coriat [1994] e Régnier [1997] afirmaram que esse processo de polivalência das atividades dos operadores faz parte do método de organização conhecido como linearização. Ele faz-se sentir em quatro situações:

- multifuncionalidade dos operadores;
- reintrodução nas funções dos operadores diretos às tarefas correlacionadas ao diagnóstico de problemas, ajustes do processo, manutenção de máquinas e equipamentos;
- reintrodução nas funções dos operadores diretos de tarefas de monitoramento e controle de qualidade nos postos de trabalho;
- reagregação das tarefas de programação às de fabricação.

A visão apresentada pelos autores acima direciona para o fato de que as quatro situações colocadas estão diretamente relacionadas a polivalência das atividades desenvolvidas na produção e em particular nas células de manufatura.

A polivalência enfocada por Régnier [1997] correlaciona a polivalência á flexibilidade do trabalho, e a conceitua como “*a capacidade de exercer várias funções diferentes*”.

Shingeo Shingo [1996] justifica que o conceito de polivalência deriva de duas razões: a primeira é que, tendo sido totalmente depreciadas, as máquinas e equipamentos não apresentam custos contábeis. A segunda razão deriva do fato de que, o custo por hora do operador é geralmente muito maior do que o custo da máquina.

Conforme Benevides Filho [1999] afirma:

*“...com essa justificativa, os operadores devem possuir capacidade de entenderem os princípios em que se baseiam os sistemas, como também suas regras e procedimentos. Os operadores devem possuir habilidades para operar em ambientes difusos e mutantes, devem ter capacidade de realizar tarefas não-rotineiras, desempenhar trabalhos em grupos e de forma interativa, e possuir a percepção sistêmica da empresa, habilitando-se a responder as oscilações da demanda, com o cumprimento de diferentes rotinas de operações padrões”.*

Benevides Filho [1999] conclui ainda:

*“uma empresa que só possui operadores especialistas dificilmente pode flexibilizar sua produção, pois os operadores só sabem trabalhar daquela maneira e a saída convencional tem sido gerar estoques. Por outro lado, o processo de melhoria contínua jamais irá ocorrer, visto que o principal agente da mudança é o homem, e esse sendo estanque e pouco estimulado, dificilmente trará qualquer contribuição para a real melhoria do sistema produtivo”.*

Taiichi Ohno [1997] sintetiza a multifuncionalidade através do seguinte exemplo:

*“...durante o processo de maquinização, suponha que cinco tornos mecânicos, cinco máquinas de usinagem e cinco perfuradeiras são alinhadas em duas filas paralelas. Se um operador manuseia cinco tornos mecânicos, podemos denominar isto um sistema de operação multi-unidades. O mesmo se dá em relação ao manuseio de cinco máquinas de usinagem ou cinco perfuradeiras. Esse sistema é comumente utilizado pelas empresas que trabalham com sistemas tradicionais. Agora se um operador usa um torno mecânico, uma máquina de usinagem e uma perfuradeira (isto é, vários processos), este processo é denominado sistema de operação de multiprocessos, sendo reduzido o número de operadores, onde estes passam de monofuncional para multifuncional ou polivalente”.*

Direcionada para o conceito de produção puxada em contrapartida ao conceito de produção empurrada, as células de manufatura possuem um fluxo

unitário contínuo (peça a peça), o que consiste na produção de uma peça de cada vez, obedecendo à seqüência lógica das operações envolvidas.

### **2.5.1 POLIVALÊNCIA E TEMPO DE CICLO**

O ponto de partida básico para a distribuição eqüitativa das cargas de trabalho em células de manufatura, é a determinação do tempo de ciclo (TC).

O tempo de ciclo (TC), segundo Tubino [1999], é o ritmo que deve ser dado ao sistema de produção para a obtenção de determinada demanda dentro de um período de tempo, geralmente um dia.

Tubino [1999] conclui ainda que, convencionalmente, o conceito de tempo de ciclo é usado apenas nas linhas de montagem, dado que nos processos repetitivos em lotes com layouts departamentais não há condições de se manter um ritmo de trabalho homogêneo em todos os recursos.

Da mesma forma, nos sistemas de produção focalizada JIT, com o layout celular, é possível manter cada célula de fabricação balanceada com o tempo de ciclo da montagem final. Para o cálculo do tempo de ciclo (TC), emprega-se a fórmula abaixo:

$$TC = TP / D$$

Onde: TC = tempo de ciclo em minutos por unidade;

TP = tempo disponível para produção por dia;

D = demanda esperada por dia.

O tempo de ciclo (TC) determina o tempo preciso que cada operador dispõe para executar sua atividade na célula de manufatura. Com isso, a utilização de operadores polivalentes nas células requer sua distribuição com base no atendimento do tempo de ciclo determinado.

A Mercedes-Bens do Brasil, divisão de fabricação de eixos, adota em seu manual de treinamento interno para produção enxuta, o tempo de ciclo (*Cycle-time*) como a somatória de tempo onde são incluídos todos os tempos envolvidos no processo, não incluindo os tempos de espera, ou seja:

*Cycle-time* = tempo de operação + tempo de transporte + tempo de inspeção.

Neste exemplo, o *Cycle-time* é o tempo de percurso da peça dentro de uma célula, não incluindo os tempos de espera. No tempo de operação, estão incluídos os tempos do homem e da máquina.

O sistema Toyota, no entanto, adota o princípio básico de que em cada posto de trabalho o ritmo é crítico. O ritmo por sua vez é determinado pelo consumidor. Em outras palavras, é determinado pelas vendas efetuadas no período, eliminando com isso os desperdícios gerados pela superprodução.

Para exemplificar, um produto é vendido na quantidade de 20.000 unidades por mês. Isso significa que devem ser produzidas 1.000 unidades por dia (considerando 20 dias úteis de trabalho por mês). Em um dia de oito horas, 1.000 unidades devem ser produzidas em 480 minutos, logo o tempo de ciclo (TC) para atender a essa demanda é de 0,48 minutos por cada unidade montada.

Miltenburg [2001], em seus estudos comparativos em linhas de produção em formato em “U”: comprovação entre a teoria e a prática e, Garg [2001], em seu modelo de simulação, adotam, para o tempo de ciclo (TC) o mesmo conceito do sistema Toyota de produção.

Fundamentalmente, o tempo de ciclo (TC) parte da necessidade da base de todo o estudo da medida do trabalho: a padronização das atividades da produção e a determinação dos valores dos seus respectivos tempos-padrão. No capítulo três dessa dissertação o assunto será detalhado.

## **2.5.2 O TREINAMENTO PARA A POLIVALÊNCIA**

A técnica de produção com operadores multifuncionais exige capacitação. Esse é um dos fatores principais para obtenção dos resultados esperados em sistemas produtivos que utilizam células de manufatura.

Conforme Benevides Filho [1999], a capacitação para a polivalência será

feita através de treinamentos, quando é fundamental uma mudança cultural na empresa, com o envolvimento da alta e média administração nas descentralizações das informações.

Kim e Takeda [1996] afirmam que a filosofia *Just in Time* requer uma completa valorização ao treinamento do operador, pois sem a capacitação do principal agente do processo produtivo, o homem, dificilmente a implantação das ferramentas do JIT obterão sucesso. Os autores ressaltam que o operador deve ser treinado a desempenhar multifunções, possuindo uma autonomia nos processos produtivos, com liberdade de ações, pois as decisões nessa filosofia são *bottom-up* (de baixo para cima), na qual a alta e média administração tem como papel principal fornecer todos os subsídios para o desenvolvimento de seus subordinados, não criando em momento algum barreiras que comprometam o treinamento dos operadores.

De acordo com Sobec e Liker [1998] normalmente as indústrias utilizam para obter operadores polivalentes os seguintes procedimentos:

- treinamento dos supervisores e encarregados: começa sempre pelo mais fácil, isto é, executando as suas funções essenciais, depois sendo capacitados para troca de funções. A idéia é que esses supervisores e encarregados tenham um entendimento completo de toda a linha, para desenvolver uma visão sistêmica de todo o processo, estando aptos e devidamente capacitados a entender precisamente todas as funções que representem as suas respectivas áreas de trabalho. Além de executarem

todas as operações que eles mesmos desenvolveram nas rotinas de operações-padrão, para futuramente controlar as atividades dos operadores.

- Treinamento dos operadores: o primeiro passo desse treinamento será especializar cada operador em uma determinada função. O operador terá que conhecer muito bem a sua função, para só depois começar a ser treinado a desempenhar outras funções. Segundo a filosofia da Toyota, não se pode fazer *job-rotation* (rotação de trabalho) antes de os operadores possuírem um completo domínio sobre determinada função. Isto será possível devido as cartas de trabalhos, contendo as operações-padrão que cada operador deverá executar.
- Rotação dos operadores: após os operadores possuírem um completo domínio sobre determinada função, os supervisores se encarregam de planejar a troca das rotinas de operações-padrão, esse passo seguinte do treinamento já é feito pelos próprios operadores, no qual cada operador irá treinar o vizinho, e vice-versa. Desta forma, um operador em uma determinada área de trabalho, no final do programa de treinamento, fica apto a desempenhar a maioria das funções, pois já possui as habilidades requeridas. Assim é importante enfatizar que a empresa deverá permitir uma liberdade para o treinamento, buscando desenvolver nos operadores sua criatividade para ensinar aos outros a aprender seu próprio serviço, na qual cada operador deverá se sentir estimulado a ensinar seu colega de acordo com a sua metodologia de ensino. Entretanto nesse momento cabe

aos supervisores e encarregados fiscalizar esse treinamento, pois deve estar sempre de acordo com as rotinas de operações-padrão.

Uma forma de se estimular os operadores a polivalência são os grupos de melhorias. Esses grupos podem ser definidos como grupos de discussão e sugestão de melhorias contínuas no sistema produtivo. Formados basicamente por operadores diretos, devem ser compostos através de esquemas voluntários e segundo similaridade de tarefas desenvolvidas.

O objetivo principal do programa é a mudança de comportamento grupal dos treinados no sentido de que o programa visa, através de um treinamento sistemático nas áreas comportamental e analítica técnica, fazer com que os mesmos passem a ter condições cada vez maiores de ver, julgar e agir no processo produtivo da empresa.

### **2.5.3 VANTAGENS DOS OPERADORES COM A POLIVALÊNCIA**

“A cada dia surgem mil novos casos de trabalhadores afetados por lesões por esforços repetitivos – LER, somente nos Estados Unidos” [Boletim Fundação Vanzolini, 1998].

Com essa afirmação do professor Laerte Idal Sznelwar, diretor de Ergonomia da Fundação Vanzolini, pode-se concluir o quanto os operadores especialistas perdem em relação aos operadores polivalentes.

As lesões por esforços repetitivos são provocadas por uso inadequado e excessivo do sistema ósseo-neuro-muscular-tendinoso, atingindo principalmente os membros superiores: mão, punho, antebraço e coluna cervical.

Como principais causas das Lesões por Esforços Repetitivos - LER, ou Doenças Ocupacionais Relacionadas ao Trabalho – DORT, citam-se:

- ferramentas, mobiliário e instrumentos de trabalho impróprios, em desacordo com as características físicas do trabalhador, favorecendo a manutenção de posturas inadequadas;
- conteúdo das tarefas: monótono, extremamente fragmentado exigindo esforços repetitivos;
- organização do trabalho: ajuste rígido do fluxo de trabalho, pouca autonomia do trabalhador, ritmos acelerados, pressão do tempo, tensão entre as chefias e equipes, hierarquia rígida, tensão de produtividade, prêmios por produção, exigências quanto à qualidade, competitividade, pressão exercida pelo usuário nas atividades de atendimento ao público, duração da jornada, horas-extras, ausência de pausas.

A polivalência reduz a fadiga e o estresse com a diversificação das ações físicas e o deslocamento do operador entre os equipamentos da célula. Cortando-se a excessiva repetição dos movimentos de uma única operação,

tornando-se a rotina de atividades-padrão menos monótona e eliminando o potencial de ocorrer doenças devido a esforços repetitivos.

A polivalência torna o trabalho mais estimulante, de forma a envolver a criatividade, com certa variedade de atividades. Os sistemas multifuncionais de trabalho, por serem sistemas de mão-de-obra flexível, pressupõem que os operadores sejam pessoas mais conscientes de sua tarefa enquanto membros da empresa, responsáveis também pelo seu crescimento.

Outro fator é a elevação cultural dos funcionários que, pela troca de informações e a intensificação do treinamento interno na empresa, adquirem mais conhecimentos técnicos sobre os processos com os quais trabalham e, naturalmente, enriquecem sua cultura geral, resultando para a empresa em um quadro de pessoal mais eficiente tecnicamente e mais evoluído culturalmente.

Trabalho em grupo, participação nas decisões, respeito mútuo, satisfação pelo que faz e conhecimento de todo o processo produtivo, são elementos que consolidam as principais vantagens dos operadores com a polivalência.

## **2.6 TRABALHOS DESENVOLVIDOS NA ÁREA**

Vários trabalhos foram desenvolvidos abordando a filosofia *just in time* e suas ferramentas, anteriormente citadas nesse trabalho. No entanto, observa-se que especificamente sobre o tema Dimensionamento e Distribuição de

Operadores Polivalentes, quase nada tem sido feito no que se refere a um melhor detalhamento do tema.

A grande maioria da literatura existente, assim como os trabalhos científicos desenvolvidos sobre o tema, o abordam de forma superficial e mais direcionados à filosofia do assunto.

Os trabalhos mais representativos de ordem prática e operacional no dimensionamento e distribuição dos operadores polivalentes são os que utilizam *softwares* de simulação. Esses programas como o *Arena*®, utilizando-se de recursos computacionais, partem de uma visão genérica do sistema produtivo, comparando os sistemas de trabalhos com operadores especialistas com os sistemas com operadores polivalentes, sem detalhar o mecanismo de dimensionamento e distribuição desses operadores em seus postos de trabalhos.

Garg, Vrat e Kanda [2001], por exemplo, desenvolveram um modelo de simulação de um sistema de manufatura celular, onde foi utilizada uma heurística que analisou três situações distintas: o sistema processando um único produto, um sistema processando dois produtos e um sistema processando vários produtos para atender uma determinada demanda. Com isso, a função objetivo do modelo apresentado foi o de determinar a situação de utilização do sistema que apresentasse o menor custo, considerando como restrições os valores de inventários, juros do capital aplicado e demais condições operacionais da empresa hipotética.

Fernandes e Dalalio [2000], desenvolveram um trabalho que analisa detalhadamente o problema de balanceamento e rebalanceamento das linhas de montagem operadas por grupos de trabalho autogerenciados, propondo um modelo otimizador de programação inteira que é tratado computacionalmente com êxito por meio da linguagem de modelagem GAMS (“*Generical Algebraic Modeling System*”) e solver *Zoom*.

Conforme Benevides Filho [1999] cita, Spedding [1998] utilizou um modelo de simulação computacional que objetivava otimizar a configuração de células de montagem em uma indústria de teclados de computadores americana. O modelo utilizado foi baseado em eventos de simulação discreta descrito pelo *software* de simulação *Arena*®. O modelo, segundo o relato do autor, é um *software* que permite avaliar com plena eficiência a melhor forma do ajuste em células de manufatura, sendo uma linguagem de simulação poderosa, para modelar sistemas discretos ou contínuos ou uma combinação de ambos. O *software Arena*® contém uma série de funções embutidas por obter amostras de distribuições probabilísticas comumente usado para otimizar os processos.

Benevides Filho [1999] afirma ainda que, como foi observado através desses trabalhos, a simulação computacional é uma ferramenta plenamente flexível para avaliar diversas variáveis dos sistemas de produção: predizendo o comportamento dos sistemas de manufatura complexa, calculando o movimento e as interações dos componentes do sistema, verificando o fluxo das partes através das máquinas e estações de trabalhos, examinando a conflitiva demanda dos recursos limitados.

Conforme Shingo [1996] afirma, com o uso da polivalência da mão-de-obra direta as taxas de operações das máquinas tenderão sempre a ser baixas devido à aplicação dos seguintes princípios básicos:

- são instaladas máquinas nas quantidades necessárias para atender à carga máxima de trabalho;
- determina-se o número de trabalhadores necessários para atender à carga mínima de trabalho.

Shingo [1996] afirma ainda que as taxas de operação das máquinas tenderão sempre a ser baixas, o que merece o seguinte tratamento:

- o custo de uma máquina é somente de um quarto a um terço do custo de um trabalhador;
- as máquinas podem ser depreciadas até zero, mas os salários, que tendem a aumentar, têm que ser pagos para sempre;
- para compensar a queda nas taxas de operação das máquinas, estas são produzidas na própria planta com um custo de um terço a um décimo do custo das unidades compradas prontas. Isso significa dotar as máquinas das funções mínimas necessárias e utilizar máquinas feitas “em casa” para minimizar custos.

Shingo [1996] complementa ainda que no Sistema Toyota de Produção, a frase perda por superprodução significa perda por produzir demais ou Perda por produzir antecipadamente.

Segundo pesquisa realizada por Youssef [1994] nos Estados Unidos da América em 165 empresas que utilizaram as ferramentas da filosofia *JIT*, ficou constatado que as organizações que apresentaram melhor performance com relação a qualidade do produto, qualidade de processo, qualidade em marketing , qualidade em geral e maior competitividade no mercado, foram as empresas que utilizaram o maior número de ferramentas propostas pela filosofia. No entanto, uma característica evidenciada nesta avaliação de performance foi a constatação de que a manufatura celular é uma das ferramentas mais importantes.

Conti [1996] relata que a polivalência dos operadores foi fundamental para responder o absenteísmo na indústria americana, que no ano de 1996 correspondia a 8%. A prática utilizada pela maioria das indústrias para solucionar esse problema era a de possuir operadores de reserva. O autor descreve um estudo de caso numa indústria de eletrodomésticos relatando os problemas que os operadores de reserva geravam como sendo:

- o uso dos operadores de reserva comprometia as gratificações dos times, pois eles geravam gargalos nas células de produção, causando sérios problemas de moral entre os operadores regulares;

- a falta de experiência dos operadores de reserva causava problemas de qualidade e produtividade que aumentaram refugos e retrabalhos;
- os custos com esses operadores de reserva anualmente correspondiam a \$120,000.

O autor do artigo ressaltou que a solução para esse problema foi através de treinamento do operador a multifuncionalidade, a partir um balanceamento nas células de manufatura, de forma que todas as células ficassem preenchidas em seus limites máximo e mínimo. Na qual todos operadores do chão-de-fábrica tornaram-se habilitados a desempenhar todas as funções do departamento, propiciando com isso um remanejamento dos operadores quando da ocorrência de faltas.

Dentro de um contexto final, o autor conclui que a polivalência dos operadores trouxe as seguintes vantagens a indústria de eletrodomésticos analisada:

- a eliminação por completa dos operadores de reserva, eliminado os custos de \$120,000;
- a eliminação das queixas dos operadores titulares, com a constância das gratificações dos times e a satisfação em desempenhar novas funções;
- a eliminação dos problemas de qualidade e produtividade, possibilitando a

empresa criar novos produtos para atender as necessidades do departamento de marketing;

- a ausência de operadores de reserva melhorou produtividade e aumentou o coeficiente dólar por empregado para 21.7%, fazendo com que essa indústria se tornasse líder no seu segmento de eletrodomésticos.

Arruda e Gonçalves Filho [1995] relataram os resultados encontrados no levantamento realizado em 35 empresas usuárias de tecnologia de grupo e células de manufatura com o perfil em sua maioria, de grande empresa, sediadas no estado de São Paulo.

Nesse relato, a manufatura celular foi colocada pelos autores como sendo uma utilização da tecnologia de grupo, onde são agrupadas máquinas diferentes em relação à função, as quais processam peças similares dentro de uma mesma família. Os autores concluíram que as similaridades das peças foram obtidas em função da forma física, de operações tolerâncias dimensionais semelhantes, de similaridades nos processos de fabricação e demais características envolvidas no sistema produtivo.

Os resultados dessa pesquisa indicaram as seguintes tendências:

- a quantidade de empresas que eram usuárias ou pretendiam utilizar células de manufatura em seu processo produtivo foi de 31 empresas. Ou seja, 88% do total de empresas consultadas;

- o percentual de empresas que utilizou inicialmente o recurso de células piloto para avaliação e comprovação dos benefícios da filosofia JIT/TQC foi de 90%;
- o grau de automação nas células foi de 58% das células puramente manuais e 42% mistas (manuais e automatizadas);
- 78% das empresas utilizavam células a menos de 10 (dez) anos;
- foi encontrada uma média de 8,77 máquinas por célula, variando em um intervalo entre 3 e 17 máquinas;
- o período de tempo médio de implantação das células de manufatura em operação era em torno de 20 (vinte) meses;
- 55% das empresas consultadas utilizam o fluxo unidirecional, enquanto que em 45% das empresas há a presença de fluxo reverso, mas sem influência negativa para o processo produtivo;
- quanto à utilização das demais ferramentas da filosofia JIT/TQC, 97% das empresas utilizam operários multifuncionais ou polivalentes, 84% das empresas utilizam troca rápida de ferramenta e 68% das empresas utilizam o sistema KANBAN.
- quanto a utilização de incentivos salariais, 70% das empresas afirmaram

não ser de suma importância o incentivo salarial para o bom desempenho da célula;

- o layout predominante foi o em forma de “U”;
- o tipo de produção predominante foi a seriada, com 56% das empresas;
- 52% das empresas possuíam uma alta diversificação de produtos;
- 57% das empresas reduziram o quadro de mão-de-obra , enquanto 43% mantiveram o mesmo quadro de funcionários.

Do ponto de vista prático o estudo de Arruda e Gonçalves Filho [1995], apesar de se restringir às indústrias do estado de São Paulo, apresentou dados significativos quanto à utilização das células de manufatura na produção de bens tangíveis. Deve-se ressaltar, além do perfil dos que responderam os questionários e o ramo de atividade empresarial, o grau de instrução mínimo ou médio dos operários e o nível de rotatividade médio (turnover) após a utilização das células de manufatura. Houve uma centralização na tecnologia de grupo dos recursos de máquinas, peças e processos envolvidos na produção. Apesar da maioria das empresas se utilizar de células basicamente manuais, não houve uma análise mais direcionada para as atividades de grupos de trabalhos de pessoas envolvidas nas células. A pesquisa abre um espaço para se analisar o tema: utilização de células de manufatura de uma forma mais ampla em outras regiões do Brasil.

Segundo Lima [1999], no Nordeste do Brasil e especificamente nas indústrias de confecção e eletroeletrônicas situadas na região industrial de Fortaleza-Ce as células de manufatura em operação apresentam as seguintes características:

- predominância do layout em “U”;
- impacto inicial negativo devido ao trabalho em pé;
- resultados extremamente positivos após o primeiro mês de utilização, obtendo-se índices de produtividade da mão-de-obra direta maiores que os obtidos com o sistema convencional;
- aumento da motivação dos operários devido a multifuncionalidade e polivalência das atividades ao longo do processo;
- redução do lead time e dos níveis de estoques de produtos em processo;
- ganho de espaço físico no chão de fábrica;
- redução de produtos não-conformes e retrabalhos devido à adoção do autocontrole no processo e o operador monta do início ao final do produto acabado;
- maior flexibilidade e poder de atendimento a demanda.

Como resultado, pode-se ressaltar que as empresas que adotaram o sistema de produção em células obtiveram grandes ganhos de lucratividade decorrentes da redução dos custos industriais. Contudo, há a evidência de que as células de manufatura ainda são uma ferramenta muito pouco utilizada pelas indústrias da região.

O que se tem observado em todas as empresas que adotaram a utilização da polivalência, é uma tendência de redução da mão-de-obra direta.

Outro aspecto que se observa é a resistência da média administração, pois com a multifuncionalidade algumas funções que eram de responsabilidade dos supervisores serão transferidas aos operadores.

Segundo Im e Bondi [1994], em seis indústrias pesquisadas nos Estados Unidos onde foram adotados o uso da polivalência houve a diminuição do número de empregados. Os autores ainda relatam que os operadores normalmente dispensados são aqueles que resistem a mudança provocada com a multifuncionalidade, não se envolvendo com os programas de treinamentos realizados pela empresa.

## 2.7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta revisão bibliográfica foram apresentados vários tópicos que contemplam o que há de mais atual e disponível sobre a filosofia *just in time* e suas principais ferramentas.

A análise entre as diferenças e similaridades das filosofias *just in time* e *just in case* foi nesse capítulo apresentada de forma sucinta. O emprego de operadores polivalentes e do trabalho em grupo foi ressaltado, assim como as sistemáticas de balanceamento entre os processos e o dimensionamento da mão-de-obra polivalente, que atua em células de manufatura, foram apresentadas.

As operações padrão e o tempo de ciclo (TC) foram fundamentalmente apresentados como base de todo o estudo da medida do trabalho.

Completando o capítulo, foram feitas algumas considerações importantes sobre as vantagens da utilização de operadores polivalentes e do trabalho em grupo nas empresas.

Na seqüência, o terceiro capítulo irá propor um modelo de dimensionamento e distribuição da mão-de-obra polivalente em células de manufatura. O que pôde ser observado na revisão da bibliografia existente foi a necessidade do preenchimento de uma lacuna sobre esse tema, o qual foi sempre tratado de forma superficial ou sugerida a utilização de programas simuladores. O modelo

proposto irá estabelecer uma seqüência de dimensionamento com um nível de detalhamento até então não contemplado na literatura técnica disponível sobre o assunto.

## **CAPÍTULO 3**

# **MODELO PROPOSTO DE DIMENSIONAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DA MÃO-DE-OBRA POLIVALENTE EM CÉLULAS**

### **3.1 INTRODUÇÃO**

Como visto no capítulo anterior, existe uma lacuna quanto à existência de modelos simples para o dimensionamento e distribuição de operadores polivalentes em células de manufatura. Neste sentido, o dimensionamento e a distribuição de operadores polivalentes em células de manufatura serão tratados nesse capítulo e, apresentados numa abordagem simples e de forma genérica.

Como definido anteriormente, nesse trabalho as células de manufatura poderão ser empregadas tanto para operações de montagem como para operações de fabricação, visto que em uma dinâmica de manufatura celular (montagem ou fabricação) a produção é em fluxo, geralmente unitário, e os postos de trabalho dispostos segundo o roteiro do produto (ou família de produtos) que está sendo montado ou conformado. Trata-se de um modelo simples, o qual se apoia na utilização de um *software* de baixo custo e de uso geral, fácil de ser implementado para a determinação da quantidade de

operadores. O modelo proposto considera como base de cálculo os seguintes itens:

- a rotina de fabricação ou montagem do produto;
- os tempos padrões das operações envolvidas no processo;
- programa de produção em determinado período, normalmente diário;
- a jornada de trabalho em determinado período, normalmente diário.

É importante salientar que a aplicação prática mais comum das técnicas de dimensionamento e distribuição da mão-de-obra polivalente ocorre em indústrias com produção seriada.

Uma visão geral das etapas que compõem esse modelo é apresentada na Figura 3.1. Como pode ser observado nessa figura, as etapas do modelo podem ser agrupadas em horizontes de tempo distintos: planejamento e operação.

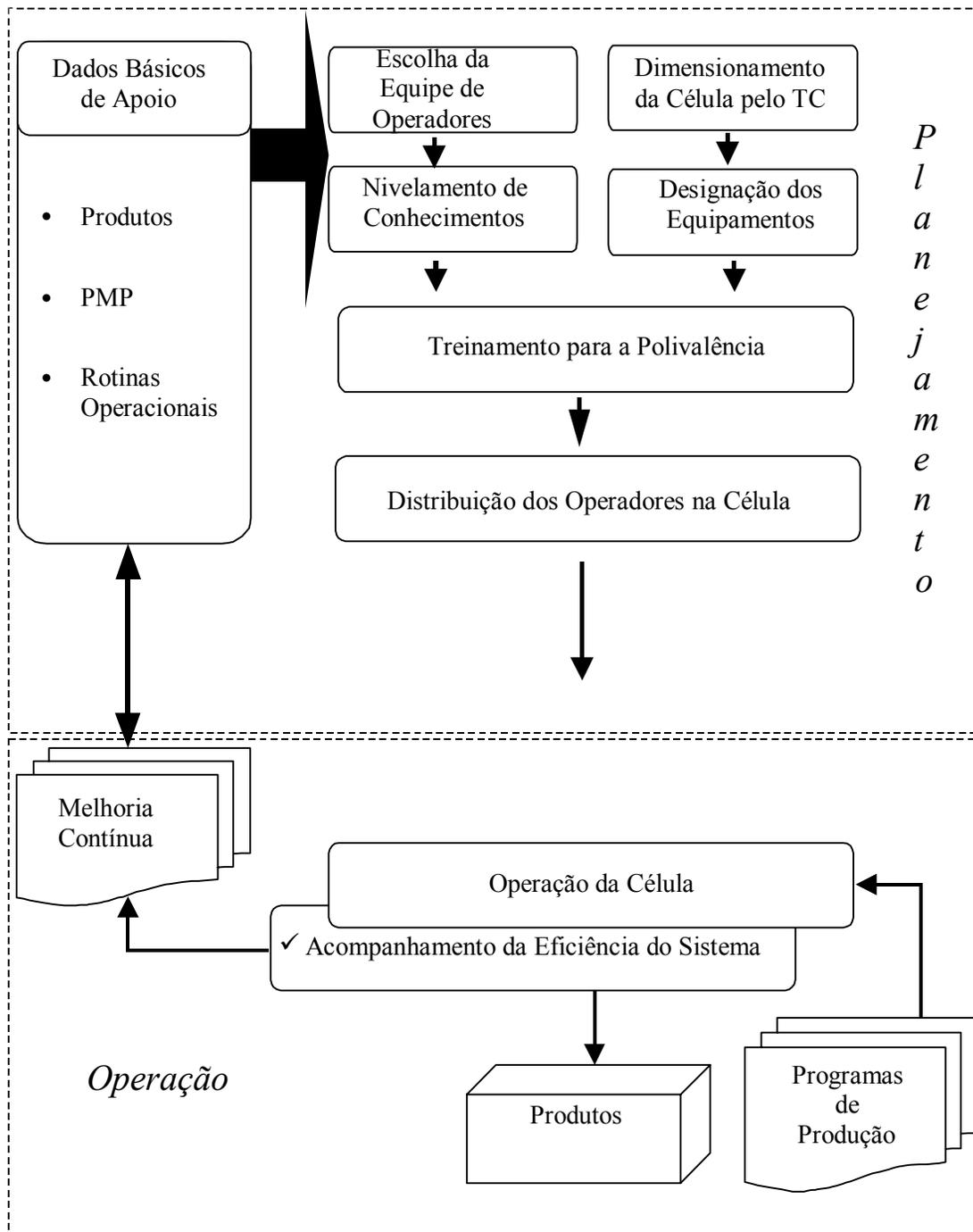
No planejamento para dimensionamento e distribuição da mão-de-obra polivalente em células serão abordadas seis etapas, quais sejam: *escolha da equipe, nivelamento de conhecimentos, treinamento para a polivalência, dimensionamento da célula com base no tempo de ciclo (TC), designação dos equipamentos necessários e distribuição dos operadores.*

Na operação do modelo, a partir da definição dos operadores distribuídos na célula para um determinado tempo de ciclo, os programas de produção darão entrada no sistema produtivo, exigindo a rotina de operações padrão dos operadores para atendimento da demanda programada. Em paralelo a dinâmica de operação da célula, tem-se a etapa de *acompanhamento da eficácia do sistema*, que irá monitorar seu desempenho e servirá de suporte para a etapa de *melhoria contínua*, onde ações serão tomadas para o aperfeiçoamento do sistema.

Para a implementação do modelo proposto são necessárias algumas informações básicas do processo e da demanda prevista, a partir das quais o dimensionamento é executado. Essas informações dizem respeito à estrutura dos produtos acabados, a demanda prevista no plano-mestre de produção (PMP) associada a cada produto, as rotinas de manufatura (montagem ou fabricação) desses produtos e os valores dos tempos das atividades envolvidas no processo de manufatura de cada produto a ser produzido na célula.

A seguir, partindo-se dos dados de apoio, cada etapa do modelo proposto será descrita e no próximo capítulo uma implementação prática será apresentada.

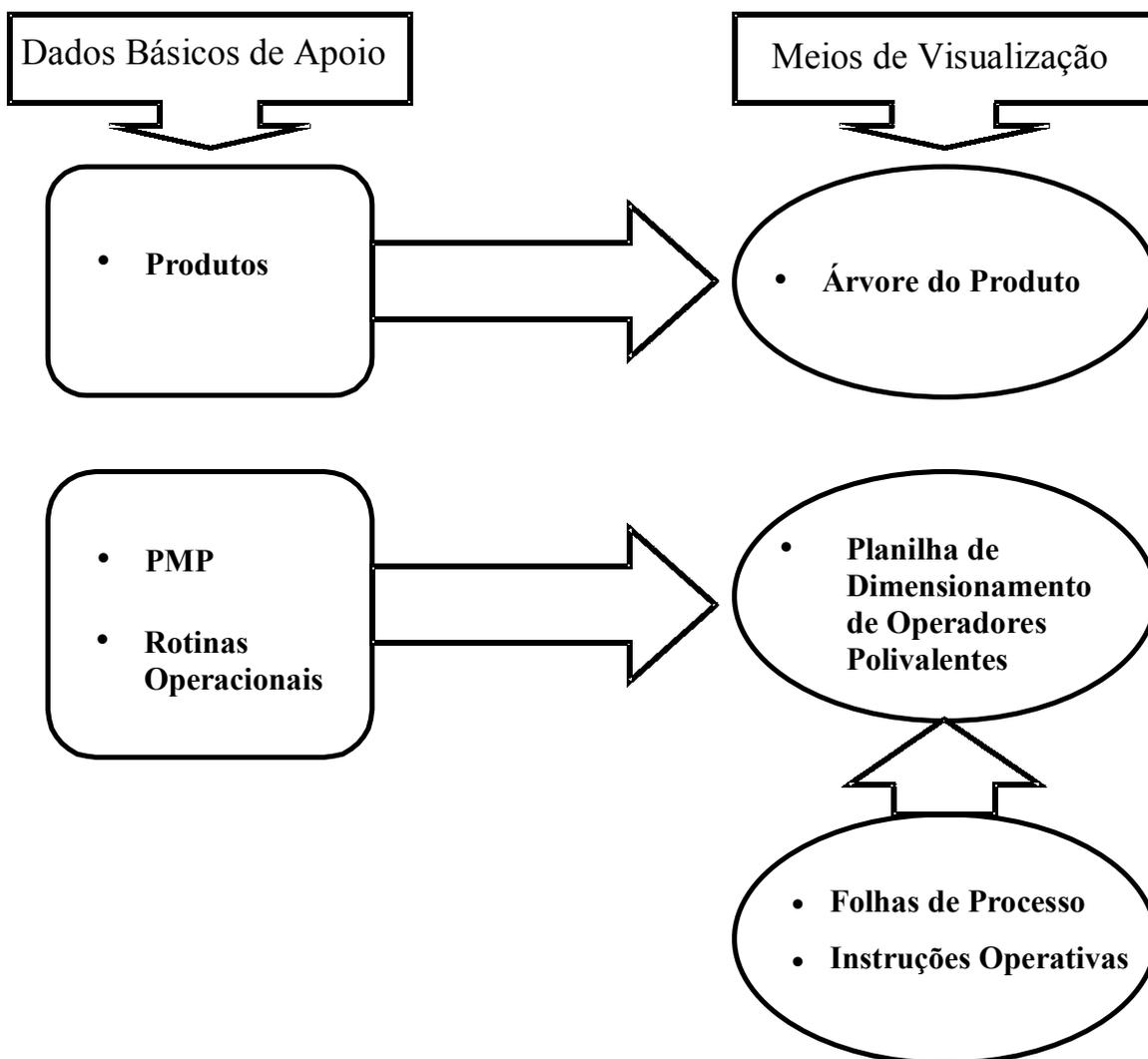
Figura 3.1 Visão geral do modelo proposto.



### **3.2 DADOS BÁSICOS DE APOIO**

Para que o modelo de dimensionamento da mão-de-obra polivalente seja iniciado, alguns dados básicos envolvidos no processo são utilizados de tal forma que possam ser identificadas as famílias de produtos e seus itens específicos, as quantidades a produzir de cada item, a forma como cada produto deve ser produzido, os valores de tempos e os demais aspectos físicos que limitam a produção. A Figura 3.2 apresenta esquematicamente as estruturas que serão utilizadas como meio de visualização dos dados básicos de apoio.

Figura 3.2 Visualização dos dados básicos de apoio.

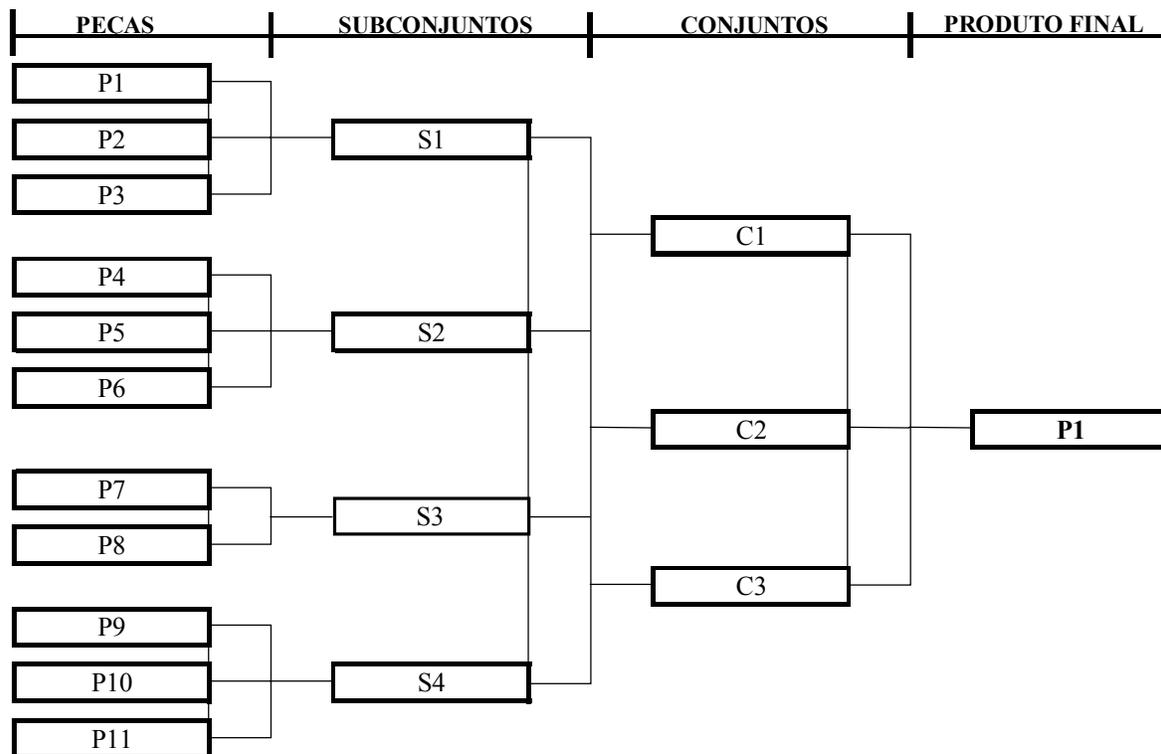


Dentro de uma visão sistêmica, os dados básicos de apoio são melhor visualizados através de diagramas e planilhas que facilitam a compreensão do sistema produtivo. Concentrando todos os dados e informações necessárias ao modelo de dimensionamento, a planilha de dimensionamento de operadores polivalentes, criada com uso do programa *MSExcels*, é o meio de visualização

resumida do sistema produtivo. Para cada dado de apoio será apresentado o meio gráfico ou planilha que alimentam o sistema.

Produtos: quais famílias e tipos de produtos serão contemplados pelo dimensionamento? Uma vez estabelecido o produto a ser produzido pelas células, a escolha da equipe de operadores a ser recrutada e treinada operacionalmente sofrerá uma correlação direta com o tipo de produto fabricado e a tecnologia envolvida. Para isso, a árvore do produto pode ser utilizada como meio que facilita a visualização das peças, subconjuntos e conjuntos envolvidos no processo de fabricação do produto. A Figura 3.3 exemplifica um modelo de árvore do produto, o que nada mais é do que um diagrama da estrutura de peças, subconjunto e conjuntos que compõem o produto final. Esse tipo de diagrama é normalmente elaborado e atualizado pela Engenharia do Produto.

Figura 3.3 Árvore do produto.

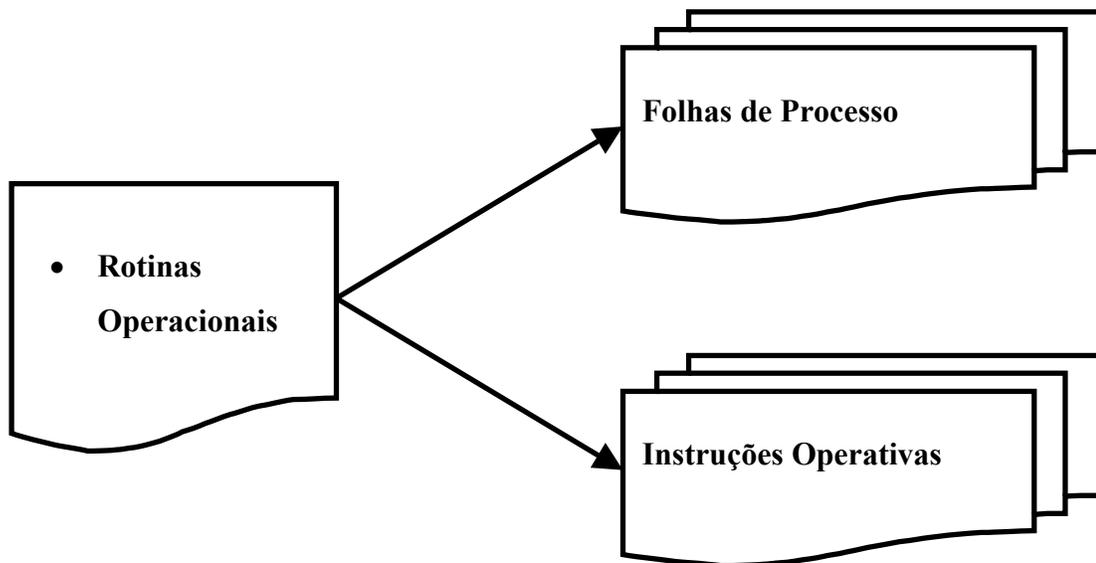


- O PMP – planejamento-mestre da produção - será utilizado no modelo proposto como referência no estabelecimento do volume de produção de cada item a ser produzido em um determinado período. Normalmente realizado com periodicidade mensal, é a partir do PMP que a unidade fabril fica sabendo o que e o quanto vai produzir de cada item. O plano possibilita uma visualização dos tipos e quantidades de produtos no período. Nessa etapa é feita a análise da demanda e como ela será atendida pelas células existentes. Elaborado o PMP, a demanda dos produtos no período é lançada e visualizada no modelo de dimensionamento a partir da planilha

de dimensionamento de operadores polivalentes conforme Figura 3.5. É com base na demanda que o modelo tomará como referência para o dimensionamento o tempo de ciclo (TC).

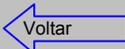
- Rotinas Operacionais: quais as rotinas e seqüência de operações padrão envolvidas no processo de fabricação da família de produtos a serem fabricados na célula ? As rotinas operacionais são descritas com o objetivo de delinear a seqüência de atividades do processo a que o produto está submetido e estão subdivididas em dois tipos de instruções específicas conforme demonstra a Figura 3.4.

Figura 3.4 Desdobramento das rotinas operacionais.



A seqüência das atividades desenvolvidas na célula é visualizada a partir da planilha de dimensionamento de operadores polivalentes, apresentada na Figura 3.5. Nessa planilha são lançadas as informações extraídas das folhas de processos de fabricação ou de montagem dos produtos. Essas informações são de fundamental importância para o modelo, uma vez que na planilha de dimensionamento fica estabelecido de forma clara e objetiva a ordem em que ocorrem as atividades na célula de manufatura. Nesse caso, cada atividade do processo é citada, associando-se aos respectivos valores de tempos padrões, os quais são tomados como dados básicos para o dimensionamento da quantidade de operadores necessários na célula.

Figura 3.5 Planilha de dimensionamento de operadores polivalentes.

<b>DIMENSIONAMENTO DE OPERADORES POLIVALENTES</b>			
		DIAS ÚTEIS <b>(A)</b>	Produtividade (Conj./hora.homem) <b>(B)</b>
		JORNADA DIÁRIA (horas) <b>(C)</b>	
		VOLUME DE PRODUÇÃO (Conjuntos) <b>(D)</b>	
Tempo de ciclo ( segundos) <b>(E)</b>			Operadores/célula <b>(F)</b>
		Número de células ? <b>(G)</b>	
OP.	DESCRIÇÃO	TPU (s)	QUANTIDADE DE POSTOS DE TRABALHO POR CÉLULA
<b>(H)</b>	<b>(I)</b>	<b>(J)</b>	<b>(K)</b>
		<b>(L)</b>	<b>(M)</b>
<b>TOTAL</b>			

A planilha representada na Figura 3.5 permite o dimensionamento dos operadores polivalentes utilizando as informações estabelecidas no PMP e nas rotinas operacionais, tendo os seguintes campos:

Campo A – Número de dias úteis mensal considerados para atender ao PMP;

Campo B – Produtividade obtida no sistema (produtos produzidos por cada operador em cada hora);

Campo C – Jornada de trabalho diária;

Campo D – Volume de produção mensal (demanda) estabelecido no PMP;

Campo E – Tempo de ciclo obtido no sistema, em segundos, necessários para atender a demanda;

Campo F – Número de operadores por célula dimensionado pelo sistema para atender a demanda;

Campo G – Número de células existentes que serão consideradas disponíveis para atender a demanda dos produtos lançados pelo PMP;

Coluna H – Identificação numérica e seqüencial da operação ou atividade;

Coluna I – Descrição da operação ou atividade;

Coluna J – Valor do tempo padrão de realização da operação ou atividade;

Coluna K – Quantidade de postos de trabalho de cada operação ou atividade, em cada célula;

Campo L – Valor da soma do total dos tempos das operações e atividades da célula;

Campo M – Valor da soma do total dos postos de trabalho em cada célula.

As folhas de processo, como demonstrada na Figura 3.6, elaboradas e atualizadas pela engenharia de processos, são instruções que resumem e documentam alguns dados básicos e indispensáveis no estabelecimento das rotinas operacionais. Esse é o principal documento de sistematização do processo, através do qual visualizam-se todas as etapas envolvidas no processo de fabricação do produto.

Inicialmente, conforme pode ser visto na Figura 3.6, o modelo da folha de processo é de caráter geral e pode ser utilizado em qualquer tipo de processo, seja de fabricação ou de montagem. Neste modelo são registradas as seguintes informações gerais:

Campo A – Código da folha de processo;

Campo B – Descrição estabelecendo o tipo de processo: se fabricação ou montagem;

Campo C – Denominação do item: peça, subconjunto ou conjunto a ser processado;

Campo D – Denominação do produto final ao qual o item pertence;

Campo E – Valor de peso líquido do item processado;

Campo F – Valor de peso bruto do item processado;

Campo G – Tratamento final, superficial ou térmico, ao qual o item deve ser submetido;

Campo H – Registro numérico das alterações para melhoria do processo;

Campo I – Registro das datas das alterações do processo.

Campo J – Registro das operações envolvidas nas alterações do processo;

Figura 3.6 Modelo de folha de processo.

<b>FOLHA DE PROCESSO</b>										
CÓDIGO: (A)		DESCRIÇÃO: (B)			ALTERAÇÕES DO PROCESSO	ALTERAÇÃO:		DATA:		OPERAÇÕES ENVOLVIDAS:
ITEM: (C)		PRODUTO: (D)				ALTERAÇÃO: (H)		DATA: (I)		OPERAÇÕES ENVOLVIDAS: (J)
PESO LÍQUIDO: (E)		PESO BRUTO: (F)	TRATAMENTO FINAL: (G)			ALTERAÇÃO:		DATA:		OPERAÇÕES ENVOLVIDAS:
Nº O.P	CÉLULA	DESCRIÇÃO DA PERAÇÃO	HORAS 1000UN.	T.P./ UNID. (mm/peça)	PEÇAS/ HORA	MAQUINA/ EQUIPAMENTO	FERRAMENTA	INSTRUÇÃO OPERATIVA	POSTO DE TRABALHO	
(K)	(L)	(M)	(N)	(O)	(P)	(Q)	(R)	(S)	(T)	
OBSERVAÇÕES: (U)			(V) _____						Página: (X)	
			DATA			APROVADO				

Além das informações gerais, algumas informações indispensáveis ao dimensionamento devem ser registradas na folha de processo:

Coluna K – Identificação numérica e seqüencial da operação;

Coluna L – Identificação da célula em que a operação é executada;

Coluna M – Descrição da operação;

Coluna N – Valor do número de horas necessárias para produzir mil itens em cada operação;

Coluna O – Valor do tempo padrão da operação;

Coluna P – Valor da produção horária da operação;

Coluna Q – Máquina, ou dispositivo utilizado na operação;

Coluna R – Ferramenta utilizada na operação;

Coluna S – Instrução operativa que detalha a execução da operação;

Coluna T – Posto de trabalho na célula onde a operação é executada;

Campo U – Observações pertinentes;

Campo V – Registro da data e da assinatura do responsável pela aprovação do processo;

Campo X – Registro da página.

Detalhando as rotinas operacionais surgem as instruções operativas, ilustradas na Figura 3.7. Esse tipo de instrução tem como objetivo documentar a forma como a atividade deve ser executada em cada posto de trabalho. Consiste em um documento também elaborado pela engenharia de processos

da empresa, rico em informações, onde se permite identificar o “como” cada atividade deve ser executada. A instrução operativa da Figura 3.7 permite identificar os seguintes pontos:

Figura 3.7 Instrução operativa.

<b>CÉLULA Nº:</b> (A)	<b>INSTRUÇÃO OPERATIVA</b>			<b>Nº:</b> (B)
<b>PRODUTO:</b> (C)			<b>SETOR:</b> (D)	
<b>PEÇA/SUBCONJ/CONJ.:</b> (E)			<b>CÓDIGO:</b> (F)	<b>POSTO:</b> (G)
<b>OPERAÇÃO:</b> (H)				<b>Nº:</b> (I)
<b>DESCRIÇÃO DA OPERAÇÃO</b>				
(J)				
<b>ITEM</b>	<b>MÁQUINAS - FERRAMENTAS - DISPOSITIVOS NECESSÁRIOS</b>			<b>CÓDIGO</b>
(K)	(L)			(M)
<b>TEMPO PADRÃO (min/peça)</b>	<b>PEÇAS / HORA</b>	<b>PEÇAS / DIA</b>	<b>JORNADA DIÁRIA (h)</b>	<b>OBS.:</b>
(N)	(O)	(P)	(Q)	(R)
(S)				
<b>ALTERAÇÃO</b>	<b>DATA</b>	<b>DATA EMISSÃO</b>	<b>RESPONSÁVEL PELA APROVAÇÃO</b>	
(T)	(U)	(V)	(X)	
			RESPONSÁVEL	

Campo A – Identificação da célula;

Campo B – Número da instrução operativa;

Campo C – Identificação do produto final;

Campo D – Setor de produção;

Campo E – Peça, subconjunto ou conjunto processado no posto de trabalho;

Campo F – Código ou numeração que identifique a peça, subconjunto ou conjunto;

Campo G – Identificação numérica e seqüencial do posto de trabalho;

Campo H – Descrição da operação realizada no posto de trabalho;

Campo I – Identificação numérica e seqüencial da operação;

Campo J – Descrição dos elementos envolvidos na execução da operação;

Campo K – Identificação numérica dos equipamentos, ou dispositivos utilizados na operação;

Campo L – Descrição dos equipamentos, ou dispositivos utilizados na operação;

Campo M – Codificação dos equipamentos, ou dispositivos utilizados na operação;

Campo N – Valor do tempo padrão da operação;

Campo O – Valor de produção horária da operação;

Campo P – Valor de produção diária da operação;

Campo Q – Valor da Jornada de trabalho diária;

Campo R – Observações pertinentes;

Campo S – Desenho da peça, subconjunto ou conjunto ressaltando a etapa do processo executada na operação;

Campo T – Registro de alterações decorrentes de melhorias implementadas na operação;

Campo U – Registro das datas em que foram implementadas as melhorias do processo;

Campo V – Registro da data emissão da instrução operativa;

Campo X – Assinatura do responsável técnico pela instrução operativa.

### 3.3 ESCOLHA DA EQUIPE DE OPERADORES

De posse dos dados básicos para o dimensionamento e distribuição da mão-de-obra polivalente nas células, a primeira etapa efetiva da metodologia consiste em escolher a equipe de operadores que irão operar o sistema. A escolha dos operadores que irão compor o grupo está relacionada diretamente com o tipo de produto a ser processado pela célula. Uma equipe composta de engenheiros de processos envolvidos com o dimensionamento, supervisores e encarregados de produção deve eleger os critérios de seleção dos operadores com base nas exigências dos produtos e competências individuais de cada operador. Os mecanismos de análise de adequação de fatores como habilidade, ritmo e demais aspectos cognitivos envolvidos na seleção dos operadores, não fazem parte do escopo desse trabalho.

No entanto, o modelo sugere que sejam contempladas as condições mínimas de um bom projeto ergonômico em cada posto de trabalho. As limitações de carga manuseada, assim como as condições ambientais adequadas devem possibilitar uma condição operacional que seja compatível com as normas de segurança e saúde ocupacional existentes.

Outro aspecto fundamental é o grau de instrução mínimo necessário aos operadores. Neste caso, a empresa estabelecerá o nível de instrução da mão-de-obra compatível com o nível de tecnologia do produto.

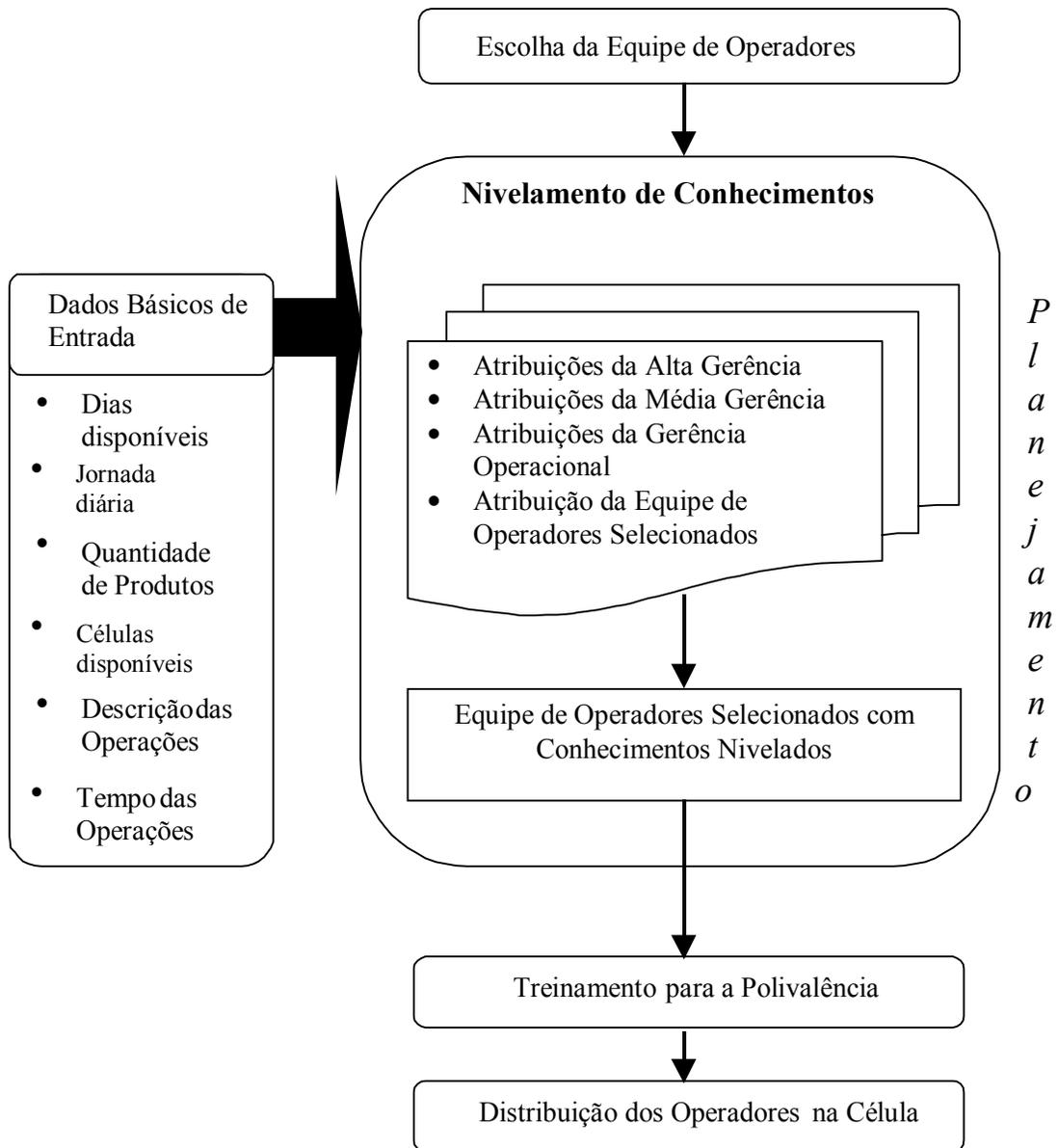
### 3.4 NIVELAMENTO DE CONHECIMENTOS

Uma vez escolhida a equipe que irá operar a célula, passa-se a etapa de nivelamento dos conhecimentos desta equipe no sentido de padronizar as informações que serão trabalhadas durante o treinamento e a operação do processo. Nesta etapa, a equipe de operadores polivalentes recebe todas as informações teóricas envolvidas no processo produtivo. A visão do produto é apresentada a partir do uso de recursos, como a árvore do produto, os quais possibilitam um melhor conhecimento de suas funções e os parâmetros de qualidade envolvidos. A seqüência do processo é apresentada a equipe com o objetivo de visualização ampla e sistêmica das várias etapas entre os centros de produção, as atividades do processo e os postos de trabalhos.

Tomando como referência o modelo proposto na Figura 3.1, o nivelamento de conhecimentos dos operadores polivalentes concentrará esforços nos dados básicos de apoio. Esquemáticamente a Figura 3.8 estabelece em cada nível gerencial as seguintes responsabilidades:

- Alta gerência – Diante de uma visão sistêmica “*top down*”, a alta gerência da empresa participa de forma direta no processo de delegação de autoridade e apoio total e irrestrito ao desenvolvimento dos programas de melhoria contínua, elaborados nos níveis de média gerência e operacionais.

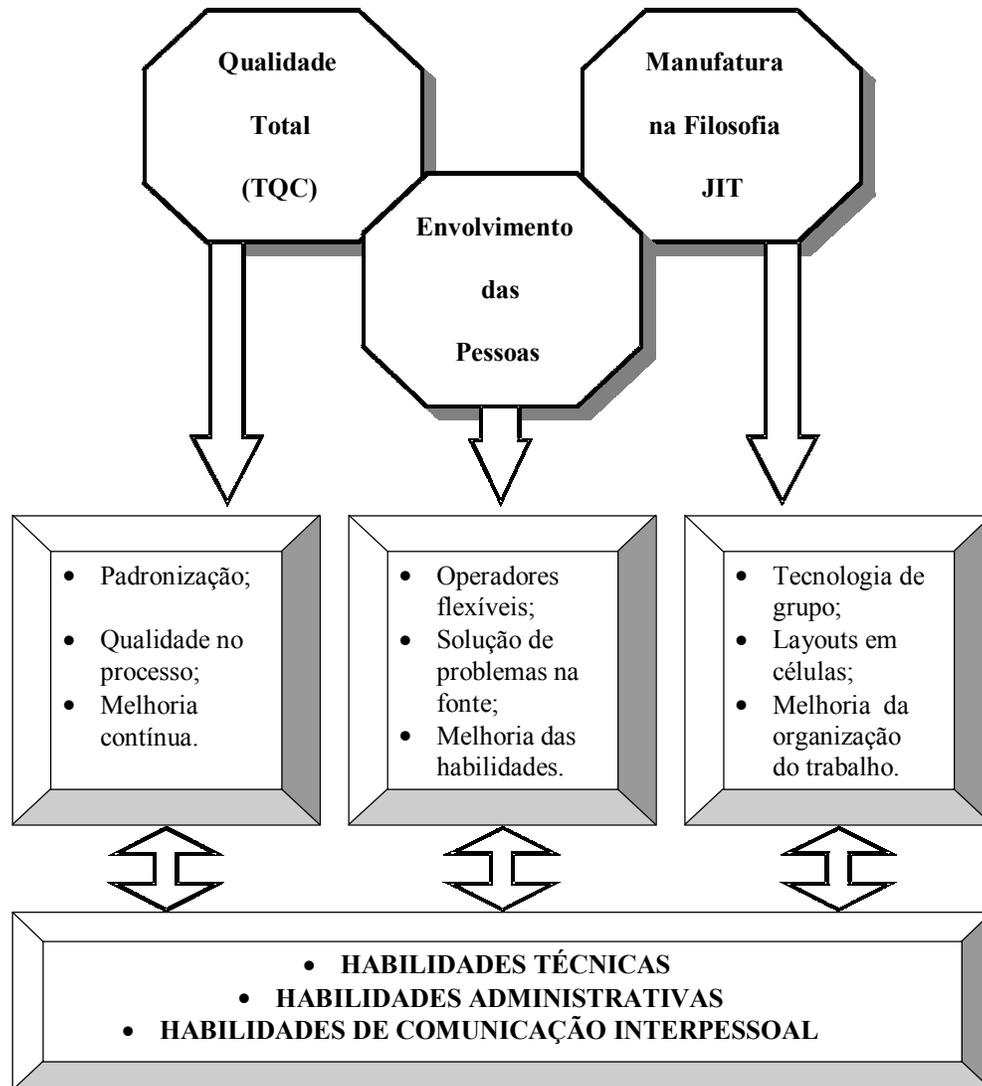
Figura 3.8 Atribuições gerenciais para o nivelamento de conhecimentos.



- Média gerência – O planejamento do nivelamento de conhecimentos dos operadores sobre os produtos e sobre o processo é elaborado, conduzido e continuamente atualizado nesse nível. A média gerência tem a responsabilidade de informar para todo o grupo, supervisores, líderes e operadores, a necessidade de uma visão geral da excelência na manufatura, onde o trinômio *envolvimento das pessoas, manufatura JIT e qualidade total – TQC* é estabelecido como o principal objetivo. A Figura 3.9 esquematiza essa visão geral de excelência na manufatura.

Outro fator de sustentação do nivelamento de conhecimentos gerido através da média gerência é o contínuo investimento em três tipos de habilidades: *habilidades técnicas*, onde possibilita aos membros dos grupos o conhecimento cada vez maior dos processos sob responsabilidade do grupo; *habilidades administrativas*, onde o grupo de operadores assume de forma gradativa tarefas anteriormente sob a responsabilidade dos supervisores e chefias; *habilidades de comunicação interpessoal*, onde os problemas do dia-a-dia da produção possam, cada vez mais, ser resolvidos de forma satisfatória pelos integrantes do grupo de operadores, descentralizando dos supervisores e chefias a resolução de problemas operacionais.

Figura 3.9 Visão geral da excelência na manufatura para o nivelamento de conhecimentos.



- Gerência operacional – Nesse nível os dados básicos de apoio são apresentados, e amplamente discutidos entre os engenheiros de processos, supervisores, líderes e operadores, de forma a possibilitar a existência de

um ambiente favorável ao nivelamento dos conhecimentos do grupo operacional. Fica nessa fase estabelecido o nível de responsabilidade e comprometimento de cada integrante do grupo: engenheiros de processo e supervisores de produção, como suporte técnico e elo de ligação entre as atualizações tecnológicas dos dados básicos de apoio e, os operadores, como responsáveis pela emissão do “*feed-back*” para os integrantes da gerência operacional quanto a necessidade de nivelamento de conhecimentos.

### **3.5 DIMENSIONAMENTO DA CÉLULA PELO TEMPO DE CICLO**

Paralelamente as etapas de escolha da equipe e de nivelamento dos conhecimentos dos operadores polivalentes, deve-se trabalhar em cima das etapas de dimensionamento da célula e designação dos equipamentos. Com isso se estará pronto para dar início ao treinamento do grupo e distribuição das tarefas.

Conceitualmente, conforme já exposto no capítulo 2, no sistema *JIT/TQC* o balanceamento das operações não tem a mesma ênfase que nos sistemas convencionais. Por um lado, o importante é ter um ritmo (*JIT*) de acordo com a demanda, e, por outro, como os equipamentos são dispostos em fluxo ou células, e não em departamentos, não se busca a produtividade individual, mas sim do fluxo.

Sabendo-se que em qualquer sistema produtivo, a capacidade de processamento de cada atividade, especialmente de máquinas individuais, não é uniforme, caso cada processo tenha toda a sua capacidade de processamento utilizada, certamente haverá produção de itens que não terão capacidade de seguir seu fluxo.

Como não há a necessidade de utilização de toda a capacidade de processamento das máquinas se não houver demanda para isso, caso a demanda possa ser totalmente satisfeita por uma máquina com menor capacidade de processamento no processo, não haverá problema em reduzir as capacidades de processamentos das demais operações até o nível desta máquina e balancear a produção ao volume pedido.

No sistema *JIT/TQC* o conceito de balanceamento aceito é o de balancear o volume de produção pelo volume pedido pelos clientes. Dessa forma, admiti-se que os processos gargalo são melhorados somente se a operação com menor capacidade de processamento não puder satisfazer o volume pedido. Para balancear a capacidade, máquinas com capacidades de processamento maiores são operadas numa velocidade mais baixa ou, se isso não for possível, intermitentemente. Isso caracteriza o método de controle total do trabalho.

Especificamente no dimensionamento e distribuição da mão-de-obra polivalente, a metodologia a ser adotada irá sempre partir do pressuposto da necessidade do mercado em que o produto da célula está inserido. Essa

informação está contida no PMP, com uma visão da demanda para os períodos futuros. Ou seja, o tempo de ciclo, que é o tempo disponível de trabalho dividido pela demanda, será o ponto de partida.

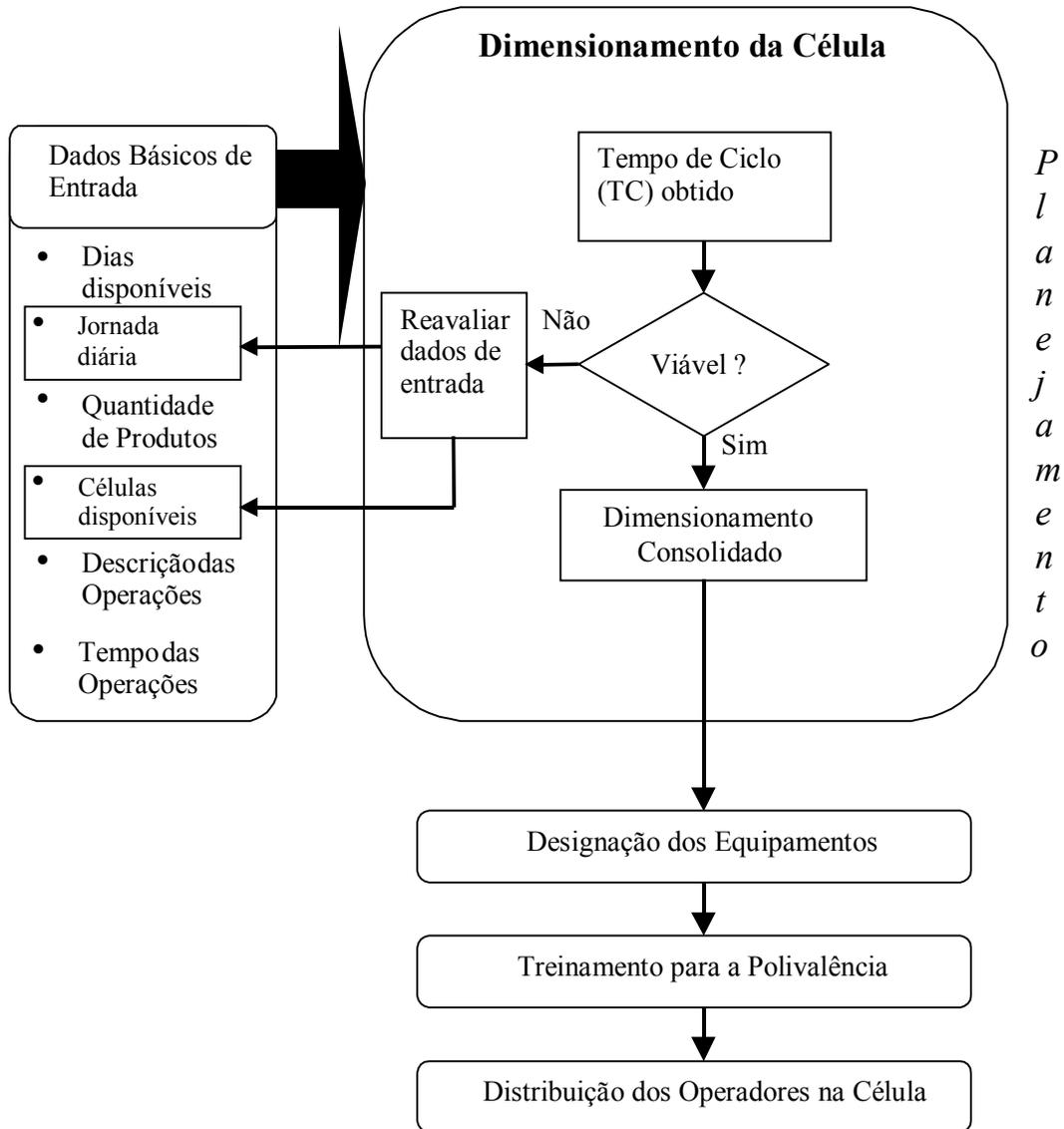
As previsões da demanda contidas no PMP são usadas para planejar o sistema produtivo e para planejar o uso deste sistema produtivo. A partir das previsões são elaborados os planos de produção definindo os produtos e serviços a oferecer ao mercado, de que instalações e equipamentos dispor, qual a qualificação mínima necessária para a mão-de-obra e dimensionamento das células que irão produzir os produtos.

Com a determinação do tempo de ciclo, fica estabelecido o “compasso” que a produção deve adotar para atender o mercado com produtos acabados. O tempo de ciclo, como visto, determina o tempo preciso que cada operador dispõe para executar suas atividades na célula de manufatura.

A determinação das operações gargalo é uma fase fundamental no dimensionamento da célula, pois a identificação do ponto gargalo irá definir o limite de capacidade de produção a ser oferecida ao mercado, de forma que ao se montar o PMP com a demanda prevista ou já solicitada pelos clientes, esta seja compatível com os gargalos do sistema. Nessa fase devem ser observados valores de tempo de cada operação envolvida na célula e comparados com o tempo de ciclo. A condição que irá caracterizar uma operação gargalo é a de que o tempo total da operação seja maior que o tempo de ciclo previsto.

A metodologia proposta utiliza os dados básicos de apoio e os aplica como restrições para o dimensionamento dos operadores polivalentes. A Figura 3.10 mostra esquematicamente o que a metodologia proposta faz nessa etapa.

Figura 3.10 Metodologia proposta para dimensionamento dos operadores pelo TC.



O modelo de dimensionamento apresentado na planilha de dimensionamento de operadores polivalentes, da Figura 3.5, processa os dados de entrada do sistema calculando simultaneamente o tempo de ciclo, o número de operadores por cada célula, a quantidade de postos de trabalho necessários por célula e a produtividade do sistema. Tendo alimentado a planilha com todos os dados, o responsável pelo dimensionamento avaliará qual a melhor condição operacional do sistema. Caso o tempo de ciclo seja exeqüível com as restrições dos dados de entrada, o dimensionamento estará consolidado, permitindo assim a execução das demais etapas propostas pelo modelo. Caso o tempo de ciclo não seja exeqüível em decorrência de valores extremamente pequenos, dois dados básicos de entrada devem ser revistos: o número de células disponíveis e a jornada de trabalho diário.

- Número de células: havendo disponibilidade de utilização de um número maior de células para atender a demanda, essa alternativa deve ser colocada em prática uma vez que serão mantidas as condições normais de jornada diária. Essa alternativa carrega um componente favorável que é o de evitar horas extras, segundo turno, adicionais noturnos dentre os vários elementos pressionadores da elevação dos custos industriais. Por outro lado, caso não exista mais células disponíveis, essa alternativa carrega também um componente desfavorável que é a necessidade de aquisição de máquinas, ferramentas, dispositivos necessários e mais operadores para cada nova célula criada.

- Jornada diária: Não havendo disponibilidades de utilização de mais células, a alternativa imediatamente sugerida é a de acréscimo do número de horas trabalhadas. Essa opção é aceita como a melhor alternativa quando o número de células é limitado. Ao analisar que, para cada célula adicional há a necessidade de máquinas, dispositivos, ferramentas adicionais e operadores, conclui-se que a melhor alternativa para atender a demanda é a de utilização de acréscimo da jornada diária com horas extras, ou acréscimo do número de turnos de trabalho.

Após a análise gerencial, a melhor solução será adotada e um novo valor do tempo de ciclo será obtido.

Outra variável que interfere no dimensionamento dos operadores, é a demanda. Fatores como a sazonalidade, variações e concorrência do mercado pressionam a demanda, exigindo um redimensionamento da quantidade de operadores nas células. Nesse caso, os novos valores de produção são lançados na planilha e de imediato o novo dimensionamento estará pronto para ser analisado, aprovado e implementado.

Quanto a variável *dias disponíveis*, o procedimento é similar ao utilizado com as variáveis anteriormente citadas. Com o acréscimo do número de dias, há um acréscimo do tempo de ciclo possibilitando assim o atendimento da demanda para um período mensal, mantendo constante as demais variáveis. Nesse caso, uma análise mais detalhada deve ser feita pelo nível gerencial

observando que os prazos de entregas dos produtos processados pela produção têm que ser atendidos.

### **3.6 DESIGNAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

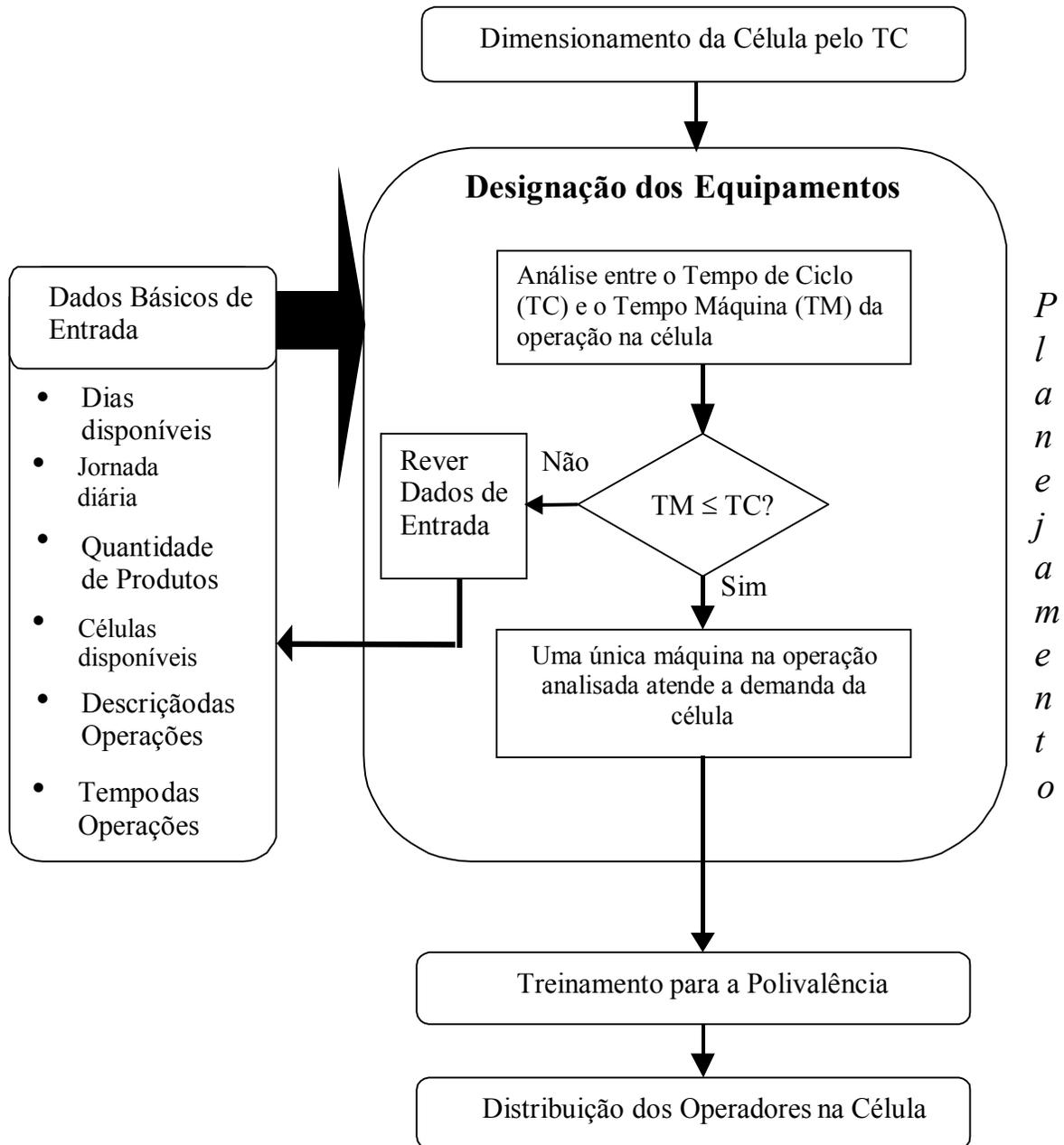
Nesta etapa, as máquinas envolvidas no processo são analisadas em função das operações da célula e do fluxograma do processo, relacionando os seguintes aspectos: *quantidade de máquinas, qualidade das máquinas, flexibilidade das máquinas, tempo de operação das máquinas e a possibilidade de dedicar as máquinas à(s) célula(s).*

Uma vez estabelecido o dimensionamento da célula, a quantidade de máquinas, equipamentos, ferramentas e demais dispositivos necessários em cada operação será dimensionado em função do tempo de ciclo (TC). A Figura 3.11 apresenta esquematicamente como essa etapa é desenvolvida no modelo.

A metodologia apresentada para a designação dos equipamentos na(s) célula(s) estabelece unicamente a quantidade de equipamentos necessários em cada posto de trabalho para o atendimento da demanda. Na eventual hipótese do tempo máquina (TM) ser maior que o tempo de ciclo (TC) a metodologia sugere uma reavaliação dos dados de entrada de forma a verificar a possibilidade de acréscimo do número de máquinas, evitando o

estrangulamento da célula, ou análise de outros parâmetros como redução do tempo máquina, ou acréscimo da jornada diária. Com esses ajustes o atendimento aos níveis programados de produção fica mantido.

Figura 3.11 Metodologia proposta para designação dos equipamentos pelo TC.



Em fábricas que possuam limitação de quantidade de equipamentos, há a necessidade de estabelecer no PMP essas limitações. Essa atitude tem por objetivo evitar ultrapassar a capacidade instalada da fábrica e com isso atrasos na entrega dos produtos acabados aos clientes.

Quanto ao aspecto qualitativo das máquinas, existe a necessidade de se estabelecer dois parâmetros:

- nível de tecnologia dos equipamentos, o qual exigirá nas etapas de escolha e treinamento dos operadores um cuidado especial quanto ao grau de instrução mínima que os mesmos devem ter para utilizar os equipamentos no processo;
- capacidade do equipamento em atender aos parâmetros de qualidade estabelecidos pelo produto. Esse ponto é de fundamental importância no processo uma vez que na filosofia *JIT/TQC* a visão é a de garantir a qualidade do produto a partir da qualidade do processo objetivando *zero defeito*. Equipamentos no processo produtivo que não atendam às exigências de qualidade do produto irão afetar negativamente o dimensionamento da célula. Produto com defeito pede retrabalho, normalmente na célula que o produziu.

A possibilidade de dedicar ou não os equipamentos à(s) célula(s) está associado ao grau de flexibilidade que cada equipamento possui no processo. Por exemplo, uma máquina parafusadeira pneumática (0,7 Kg) possui um nível

de flexibilidade e mobilidade no processo totalmente diferente de uma máquina injetora de plásticos (6.000 Kg).

Em algumas fábricas as máquinas existentes na(s) célula(s) possuem um grau de dedicação pleno a um determinado tipo de produto. No entanto, sempre que houver a possibilidade de flexibilizar os equipamentos dotando-os de mecanismos de *troca rápida* de ferramentas, movimentação sobre trilhos ou rodas, isso deve ser estimulado. Com a utilização da troca rápida de ferramentas as empresas passam a deter maior flexibilidade em relação à introdução de modificações e alterações radicais na estrutura dos produtos.

### **3.7 TREINAMENTO PARA A POLIVALÊNCIA**

Uma vez cumprida a etapa de nivelamento de conhecimentos da equipe que está sendo formada e montada fisicamente a célula com a designação dos equipamentos, pode-se passar para a etapa de treinamento operacional do grupo. A necessidade desse treinamento em todas as operações e demais atividades envolvidas no processo é, sem dúvida nenhuma, o aspecto fundamental para o sucesso do dimensionamento da mão de obra polivalente.

O primeiro passo do treinamento consiste em capacitar os operadores em todas as operações envolvidas no processo produtivo em que a célula de manufatura está inserida. Para isso, elabora-se a chamada matriz de

polivalência, na qual os operadores são correlacionados às suas habilidades específicas.

A gerência deverá elaborar, mediante o conhecimento e as habilidades das pessoas, um plano de polivalência que irá definir o programa de treinamento de cada operador. Esse treinamento deve ser desenvolvido preferencialmente no próprio local de trabalho (“*on the job*”). A Figura 3.12 exemplifica um modelo de matriz de polivalência.

Figura 3.12 Matriz de polivalência.

OPERADORES	ATIVIDADES DO PROCESSO PRODUTIVO				
	Plaina	Fresadoura	Torno	Retífica	Ajuste
A	O	O	O	O	O
B	O	X	-	-	-
C	O	-	-	X	-
D	O	X	-	-	X

Domina a Operação

- Conhece a Operação

X Desconhece a Operação

Com a matriz de polivalência, visualiza-se toda a equipe envolvida no treinamento, identificando em quais atividades do processo os operadores possuem conhecimento e habilidade para execução da tarefa, em quais atividades os operadores simplesmente conhece mas não domina a execução

da operação, e quais atividades não são do conhecimento dos operadores. Nesse caso uma legenda é utilizada identificando o nível de conhecimento que os operadores possuem das várias operações em máquinas e demais atividades envolvidas no processo.

### **3.8 DISTRIBUIÇÃO DOS OPERADORES NA CÉLULA**

Nesta última etapa da fase de planejamento do modelo proposto, a distribuição dos operadores na célula irá ocorrer com base nos valores encontrados na *planilha de dimensionamento dos operadores polivalentes*, apresentada na Figura 3.5, onde se calculou o número de operadores/célula, em função do tempo de ciclo planejado para atender ao planejamento-mestre da produção.

No entanto, o tempo de ciclo (TC) poderá ser menor, igual ou maior que a soma dos tempos padrões das operações, o que implicará no fato de que nem sempre a rotina das operações padrão desenvolvida por cada operador não acompanhará o roteiro do processo de fabricação do produto produzido na célula.

Com isso, a análise que deve ser feita nesta etapa determinará a melhor alternativa de distribuição da quantidade de operadores dimensionados através da planilha de dimensionamento.

Nesse caso, o modelo proposto sugere três alternativas de distribuição dos operadores polivalentes para as condições descritas a seguir.

- ✓ Tempo de ciclo (TC) > soma dos tempos padrões das operações: com essa situação, além dos operadores executarem todas as operações envolvidas no roteiro do processo de fabricação do produto produzido na célula, outras atividades complementares deverão ser desenvolvidas, como análise de características de qualidade (inspeções *on-the-job*), ou outras atividades externas, como movimentação e transporte das matérias-primas/ produtos acabados, movimentação de cartões kanban, dentre várias atividades que possam complementar o tempo disponível.
  
- ✓ Tempo de ciclo (TC) = soma dos tempos padrões das operações: neste caso o somatório dos tempos das atividades envolvidas no processo dividido pelo número de operadores resultará no tempo de ciclo (TC). A Figura 3.13, extraída do exemplo de Tubino [1999] demonstra de forma clara uma rotina de operação-padrão para cada operador da célula.

Figura 3.13 Folha de rotina de operações-padrão.

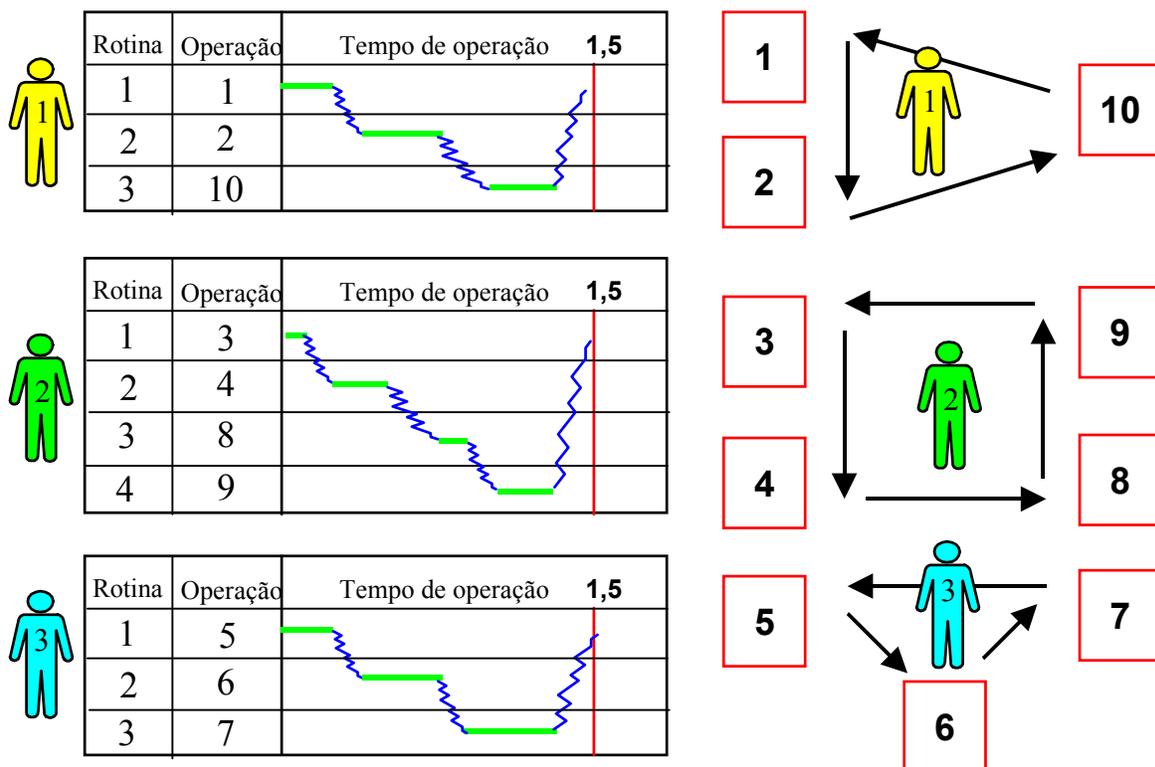
<b>Rotina de Operações Padrão N° 78</b>		Demanda diária: 480 unidades		Atualizado em: 20/02/98		Simbologia: Op. Manual ——— Op. Mecânica ..... Andando ~~~~~																											
Código do item: 1025		Processo: usinagem da engrenagem		Tempo de ciclo: 60 segundos		Responsável:																											
Ordem	Descrição da operação	Tempo (seg.)		Tempo de operação (seg.)																													
		Manual	Máquina	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	6
1	Apanhar item no contenedor	2	-																														
2	Fresar	5	30																														
3	Estampar	4	15																														
	Rosquear	2	10																														
5	Balancear	5	22																														
6	Limpar	8	-																														
7	Inspecionar	16	-																														
8	Colocar item no contenedor	2																															

Fonte: Tubino (1999).

- ✓ Tempo de ciclo (TC) < soma dos tempos padrões das operações: na ocorrência de um tempo de ciclo muito pequeno para que um operador polivalente execute todas as atividades envolvidas no roteiro do processo de fabricação do produto, essas atividades serão divididas pela quantidade de operadores dimensionados para a célula. A Figura 3.14, extraída de Tubino [1999], demonstra claramente como essa alternativa de distribuição dos operadores na célula pode ser aplicada. O exemplo mostra que o primeiro operador executa as operações um, dois e dez em 1,5 minutos. O segundo operador está encarregado das operações três, quatro, oito e nove também em 1,5 minutos. E o terceiro operador trabalha nas operações cinco, seis e sete no mesmo tempo de ciclo. Pode-se observar que apesar

de o roteiro de fabricação exigir 4,5 minutos para produzir um item, a cada tempo de ciclo de 1,5 minutos um produto fica pronto. Essa alternativa cria a necessidade de estoques intermediários em processo entre os ciclos executados por cada operador.

Figura 3.14 Tempo de ciclo menor do que o roteiro de fabricação .



Fonte: Tubino [1999].

Outra alternativa para distribuir as atividades com os operadores, na condição do tempo de ciclo muito curto em relação ao somatório dos tempos do roteiro de fabricação, consiste em fazer com que os operadores executem

todas as operações, seguindo um atrás do outro (em carreata), em intervalos equivalentes ao tempo de ciclo.

Tomando como referência o exemplo ao qual se refere a Figura 3.14, cada um dos três operadores, separados por intervalos de 1,5 minutos, teria como rotina as dez operações sendo repetidas a cada 4,5 minutos, o que daria um tempo de ciclo por item de 1,5 minutos.

Uma vez dimensionada a quantidade de operadores necessários, uma das alternativas de distribuição apresentada será a mais adequada às condições operacionais da empresa para o atendimento da demanda estabelecida no PMP.

Com isso, a metodologia proposta pode ser aplicada em qualquer tipo de célula, seja unicamente de fabricação, montagem ou a composição entre essas duas atividades. Para isso, alguns conceitos básicos sobre troca rápida de ferramentas, manutenção produtiva total e utilização de instrumentos de avaliação da qualidade, devem ser passados para todos os operadores durante as etapas de *treinamento para a polivalência e distribuição dos operadores na célula* através da gerência operacional.

### 3.9 OPERAÇÃO DA CÉLULA

Uma vez montada, distribuída na célula e colocada em operação a equipe de operadores polivalentes, as condições operacionais são avaliadas e controladas. Os resultados obtidos são analisados e discutidos entre os operadores e a gerência operacional e compartilhada com a média gerência. Para isso, deve ser estabelecido o uso de indicadores de performance. O mais comum e que foi contemplado pelo modelo, é o indicador de produtividade dos operadores: *produtos/homem.hora*.

A fase de operação da célula é de fundamental importância para o sucesso futuro do sistema montado. As correções pertinentes devem ocorrer nesse momento, visando a melhoria contínua. O sistema de acompanhamento da eficácia do modelo deve contemplar desde os dados qualitativos, referentes ao uso da filosofia *JIT/TQC*, até os dados quantitativos ligados ao programa de produção dos vários tipos de itens produzidos.

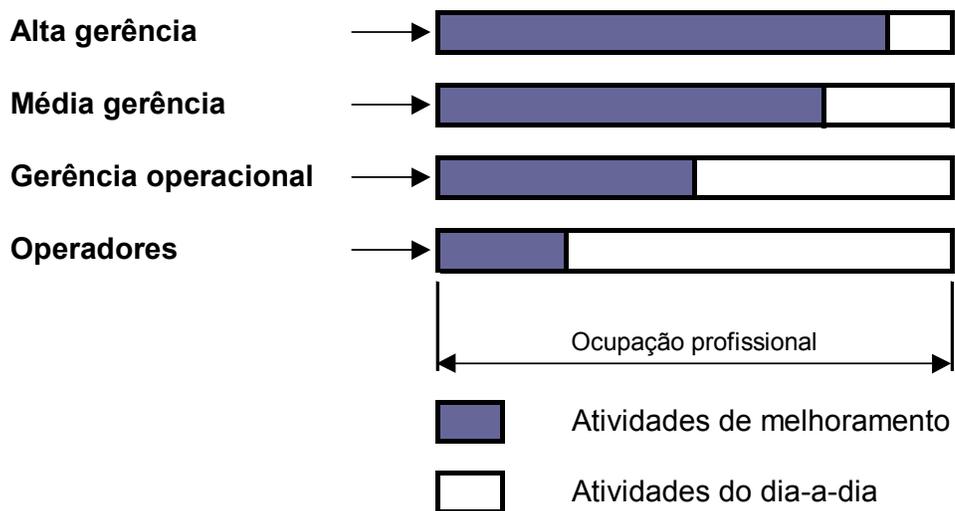
Outro aspecto fundamental do modelo é a percepção da melhoria contínua. Todo o sistema é continuamente atualizado a partir da renovação e atualização tecnológica do produto, do processo e das flutuações da demanda do mercado. A flexibilidade para adequação à demanda deve ser uma das principais características do modelo de dimensionamento e distribuição da mão-de-obra polivalente em células de manufatura.

Analisando a necessidade de desenvolver uma percepção de melhoria contínua de todo o sistema, sabe-se que todos os funcionários que trabalham numa empresa organizada têm suas ocupações profissionais determinadas. Ao olhar-se para o conteúdo dessas ocupações, pode-se subdividi-las em duas atividades distintas: a *atividade diária* e a *atividade de melhoramento*.

- A visão centrada unicamente na *atividade diária* de cada funcionário, desde o nível gerencial até o nível operacional, não imprime um crescimento sustentável para a empresa. O que é mantido com esse tipo de atividade é o nível de subsistência da empresa.
- Em outro enfoque, a *atividade de melhoramento* é a responsável pela sobrevivência e continuidade da empresa no mercado. Nessas atividades se concentram as grandes reduções de custos do produto, do processo e a reorientação tecnológica da empresa..

No entanto, o modelo proposto sugere que os dois tipos de atividades sejam continuamente executadas em proporções adequadas a cada nível hierárquico da empresa. A Figura 3.15 mostra a proporção adequada entre as duas atividades em função dos níveis hierárquicos.

Figura 3.15 Proporção das atividades desenvolvidas em uma fábrica.



As proporções quantitativas entre as atividades de melhoria e as atividades do dia-a-dia para cada nível sugeridas na Figura 3.15 é puramente de caráter relativo. Não há a intenção de apresentar um modelo do quanto cada nível nas empresas devem dedicar às duas atividades. O objetivo principal é ressaltar que em todos os níveis das empresas tem que haver uma parcela adequada à função das atividades de melhoria contínua.

### 3.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foi proposta uma metodologia para o dimensionamento e distribuição da mão-de-obra polivalente em células de manufatura. A metodologia proposta foi subdividida em dois blocos: planejamento e operação. No planejamento foram abordadas seis etapas: *escolha da equipe, nivelamento de conhecimentos, treinamento para a polivalência, dimensionamento da célula com base no tempo de ciclo (TC), designação dos equipamentos necessários e distribuição dos operadores.*

Na operação do modelo, como foi visto, a partir da definição dos operadores distribuídos na célula para um determinado tempo de ciclo, os programas de produção darão entrada no sistema produtivo, exigindo a rotina de operações padrão dos operadores para atendimento da demanda programada. Em paralelo a dinâmica de operação da célula, apresentou-se a etapa de *acompanhamento da eficácia do sistema*, que irá monitorar seu desempenho e servirá de suporte para a etapa de *melhoria contínua*, onde ações serão tomadas para o aperfeiçoamento do sistema.

Para iniciar o modelo de dimensionamento da mão-de-obra polivalente, foram apresentados os dados básicos de apoio envolvidos no processo. Nessa etapa foram identificadas as famílias de produtos e seus itens específicos, as quantidades a produzir de cada item, a forma como cada produto deve ser produzido, os valores de tempos e os demais aspectos físicos que limitam a produção.

Em seguida, foi demonstrada a forma de escolher a equipe de operadores que irá operar o sistema. Na etapa de nivelamento dos conhecimentos foi demonstrada a forma como todas as informações teóricas envolvidas no processo produtivo são passadas para a equipe de operadores. Os mecanismos de visualização das várias etapas do produto e do processo foram apresentados a partir do uso da árvore do produto, folhas de processo e instruções operativas.

Para o dimensionamento da célula, foi utilizado o modelo de dimensionamento baseado no uso de uma planilha eletrônica de uso geral e baixo custo denominada de *planilha de dimensionamento de operadores polivalentes*. A planilha desenvolvida processa os dados de entrada do sistema calculando simultaneamente o tempo de ciclo, o número de operadores por cada célula, a quantidade de postos de trabalho necessários por célula e a produtividade do sistema.

Uma vez estabelecido o dimensionamento da célula, foi apresentado esquematicamente uma metodologia que estabelece em função do tempo de ciclo (TC), a quantidade de máquinas, equipamentos, ferramentas e demais dispositivos necessários em cada operação.

Na etapa de treinamento operacional do grupo, demonstrou-se passo a passo, a metodologia que deve ser adotada para capacitar os operadores em todas as atividades envolvidas no processo produtivo e apresentado o exemplo

de matriz de polivalência. Nesta etapa, ficou estabelecido o nível de responsabilidade e atribuições dos vários níveis gerenciais.

A última etapa da fase de planejamento do modelo proposto, *distribuição dos operadores na célula*, teve como objetivo sugerir três alternativas de distribuição dos operadores na célula com base nos seguintes parâmetros: tempo de ciclo (TC) menor, igual ou maior que a soma dos tempos padrões das operações.

Concluindo, na fase de operação da célula, ficou demonstrado o sistema de acompanhamento da eficácia do modelo e a percepção de melhoria contínua obtida a partir do confronto entre o atendimento aos programas de produção e os dados de apoio.

Concluída a exposição do modelo teórico, no próximo capítulo ele vai ser aplicado numa empresa fabricante de equipamentos eletromecânicos para avaliar suas afirmações.

## **CAPÍTULO 4**

# **APLICAÇÃO PRÁTICA DO MODELO PROPOSTO DE DIMENSIONAMENTO E DISTRIBUIÇÃO DA MÃO-DE-OBRA POLIVALENTE**

### **4.1 INTRODUÇÃO**

O modelo proposto de dimensionamento e distribuição da mão-de-obra polivalente foi aplicado em uma empresa fabricante de equipamentos eletromecânicos, situada no Nordeste do Brasil, na cidade de Fortaleza (Ceará).

Fundada no final da década de 60, a empresa fabrica equipamentos de medição de energia elétrica, medição de água e de proteção de instalações elétricas. A empresa tradicionalmente utilizou durante vários anos em seu processo produtivo o sistema de produção baseado em operadores especialista, dispostos em linhas de montagem.

Desde a segunda metade da década dos anos 90 a empresa está investindo em modernização e adequação do seu parque fabril às exigências dos vários mercados em que atua. A obtenção do certificado ISO 9002 estabelece um marco

zero para a empresa, onde a sistematização dos processos passou a ser o ponto de partida para a implantação da filosofia JIT/TQC.

Nesse cenário, as alterações em todo o processo industrial foram inevitáveis. A empresa decidiu modernizar sua filosofia de produção, substituindo suas linhas de montagem (sistema *Just in Case*) por células de manufatura (sistema *Just in Time*), isto flexibilizou sua produção permitindo o atendimento de um mix de produção mais variado, atendendo às exigências dos clientes e à competitividade globalizada.

Para isso, a empresa tem em sua estrutura o Departamento de Engenharia Industrial, responsável pela condução do processo de *celularização* dos vários centros de produção.

É evidente que o sucesso das transformações em qualquer empresa não é o resultado de um departamento específico. Para que o sucesso fosse obtido desde o *Planejamento* até a *Operação* das células, deve-se ressaltar a participação efetiva de toda estrutura organizacional da empresa e, em especial, o operador, antes especialista, hoje polivalente.

Atualmente, contando com 600 funcionários, a empresa explicita de forma clara em seus catálogos de produtos a seguinte frase: “A *predominância da*

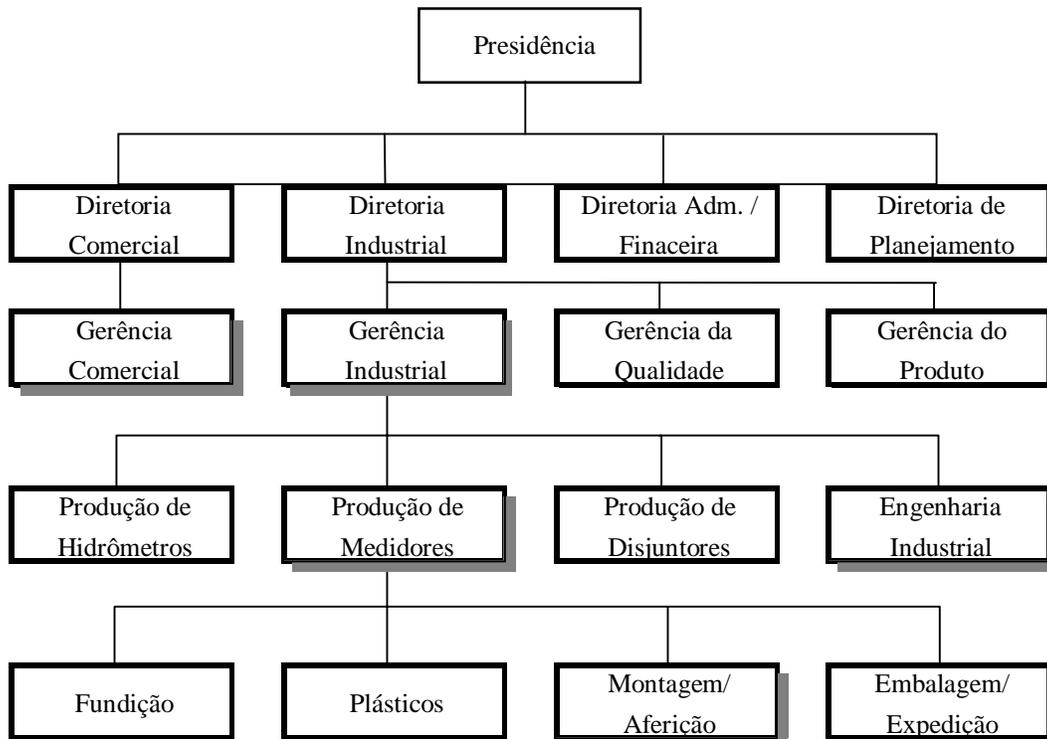
*polivalência das atividades dos operadores associada a equipamentos de alta tecnologia são a garantia de qualidade dos produtos....”*

Fica demonstrado com isso, o reconhecimento, por parte da empresa, do diferencial competitivo que a utilização da mão-de-obra polivalente proporciona ao seu processo produtivo.

A estrutura organizacional da empresa é composta na alta gerência, por uma presidência e quatro diretorias: comercial, industrial, administrativa/financeira e de planejamento. Ligadas ao diretor industrial, área foco deste trabalho, estão a gerência industrial e a gerência de qualidade. Sob a responsabilidade da gerência industrial têm-se as unidades de produção (medidores, hidrômetros e disjuntores) e de engenharia industrial. Por sua vez, a unidade de montagem de medidores é composta dos setores de fundição, plásticos, montagem, aferição e embalagem/expedição. A Figura 4.1 oferece uma visão dessa estrutura organizacional.

Nessa estrutura, o departamento de engenharia industrial assume a responsabilidade de operacionalizar o modelo proposto utilizando como ferramentas de aplicação o conjunto de planilhas eletrônicas apresentadas na Figura 4.4. Cada planilha possui informações específicas necessárias ao modelo de dimensionamento e distribuição da mão-de-obra polivalente proposto no capítulo anterior.

Figura 4.1 Estrutura organizacional da empresa.



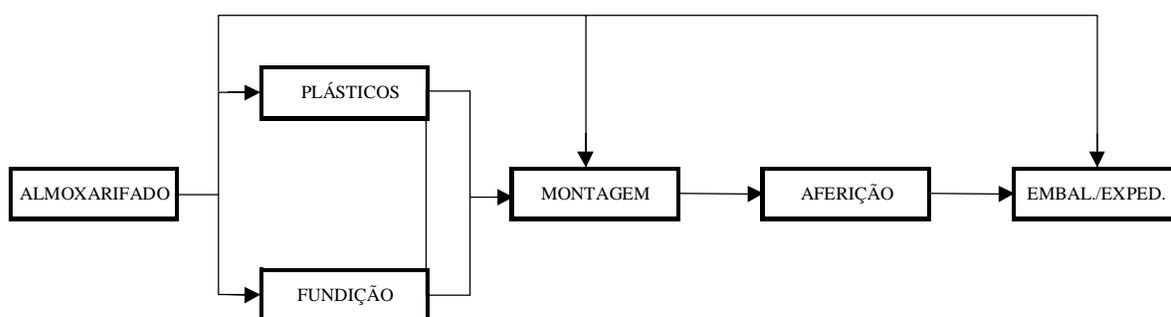
A empresa caracteriza-se por possuir um sistema de produção repetitivo em lotes, onde variações dos modelos padronizados associadas à variações nas quantidades a produzir exige flexibilidade. Peças fundidas e moldadas em plásticos são produzidas internamente e, em conjunto com as peças terceirizadas, abastecem as células de montagens.

Para aplicação e comprovação prática do modelo de dimensionamento e distribuição dos operadores polivalentes foram utilizadas três células localizadas

no início do processo de montagem de um dos produtos. A utilização das três células permite, nessa fase, uma grande flexibilidade de atendimento dos vários itens e clientes inicialmente visualizados, via sistema, no planejamento-mestre da produção no qual estão estabelecidas as previsões de demanda e o programa de produção para o período.

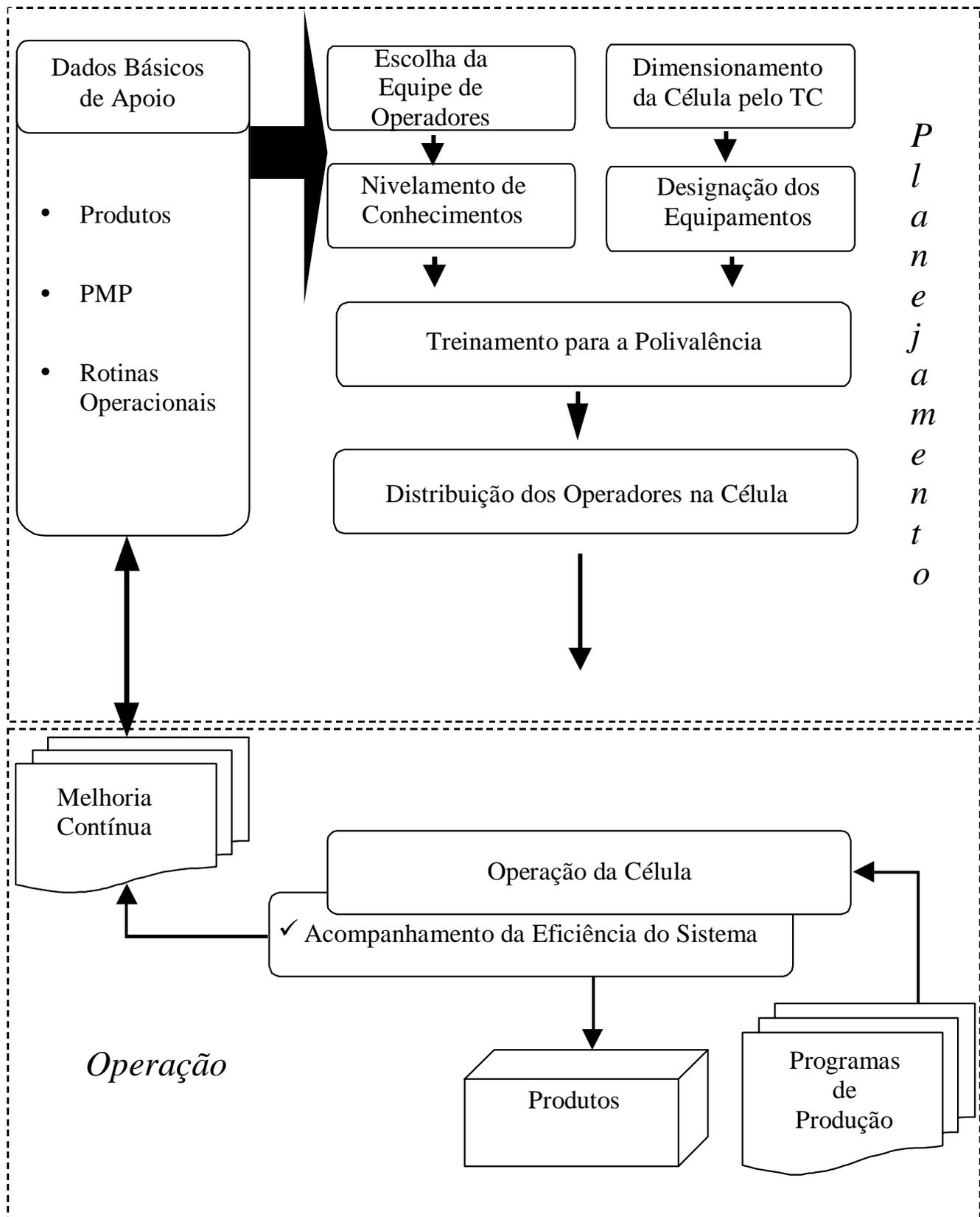
Concluída a fase de montagem, os produtos são calibrados na Aferição, embalados e finalmente expedidos para os clientes. A Figura 4.2 permite visualizar o fluxograma simplificado do processo em sua cadeia interna de materiais e informações.

Figura 4.2 Fluxograma simplificado do processo produtivo.



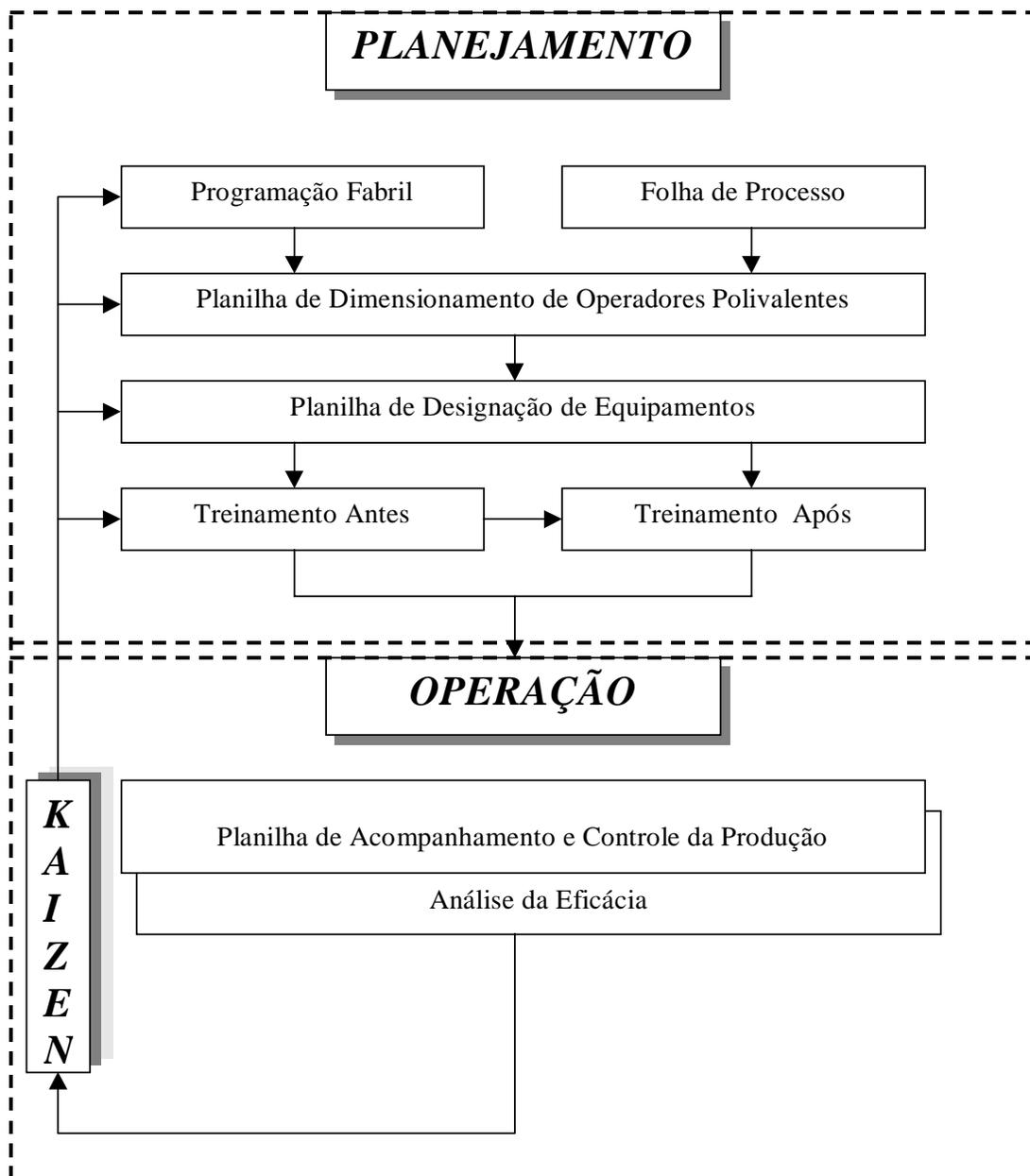
Diante das variabilidades dos processos envolvidos na empresa, optou-se por aplicar o modelo proposto de dimensionamento na área de montagem, onde há uma maior predominância de atividades manuais com utilização de pequenas ferramentas, dispositivos de controle, máquinas de pequeno porte e maior número de variações de tipos de produtos por célula. A Figura 4.3 representa o modelo genérico que será aplicado.

Figura 4.3 Visão geral do modelo proposto.



Para a operacionalização do modelo de dimensionamento, as informações e dados básicos de entrada foram obtidos a partir das várias planilhas envolvidas no sistema produtivo. A Figura 4.4 mostra quais planilhas foram utilizadas na aplicação prática do modelo e como elas estão relacionadas entre si.

Figura 4.4 Relacionamento entre as planilhas utilizadas no modelo .



Na fase de planejamento, a *planilha de programação fabril* é elaborada pela área comercial da empresa e, em conjunto com a *folha de processo*, alimenta a principal planilha do modelo de dimensionamento: a *planilha de dimensionamento de operadores polivalentes*.

Uma vez determinado o número de operadores polivalentes, é utilizada a *planilha de designação de equipamentos* de acordo com o processo e o tempo de ciclo estabelecidos. A última etapa nessa fase consiste em comparar as planilhas de *treinamento antes* e *treinamento após*, para iniciar a fase de operação do modelo.

Na fase de operação, o sistema é avaliado através dos dados obtidos na *planilha de acompanhamento e controle da produção*. Esses dados do quanto foi produzido pelas células no período irão indicar a eficácia do modelo aplicado. A seguir a aplicação das etapas que constituem o modelo proposto e suas respectivas planilhas serão apresentadas.

## **4.2 DADOS BÁSICOS DE APOIO**

De acordo com o modelo proposto, as informações dos produtos, da demanda (PMP) e das rotinas operacionais são os dados básicos de apoio que vão servir de entrada ao modelo. Nesta aplicação prática considerou-se como documentação de



Essa quantidade é totalizada no final, estabelecendo assim um dos parâmetros básicos utilizados na planilha de dimensionamento.

Da mesma forma são estabelecidos na planilha o número de dias úteis disponíveis e a produção média diária que deve ser tomada como referência para o atendimento de todo o programa de produção mensal.

Além destas informações básicas sobre os produtos e suas demandas (PMP), para efetivar o modelo proposto deve-se buscar informações sobre as rotinas operacionais. Na aplicação feita, estas rotinas estão descritas na folha de processo de fabricação, apresentada na Figura 4.6 para os modelos “A” e “B”. Neste exemplo apresentado, como os modelos “A” e “B” possuem uma rotina de produção comum em sua grande maioria, permite-se que eles sejam processados pela mesma seqüência de atividades nas células. A folha de processo dos modelos “A” e “B” concentra todas as informações do processo de montagem necessárias à aplicação do modelo de dimensionamento dos operadores polivalentes.

Figura 4.6 Folha de processo para os elementos "A" e "B".

<b>FOLHA DE PROCESSO DE FABRICAÇÃO</b>											
CODIGO: <b>40109300</b>		DESCRIÇÃO: <b>Elementos "A" e "B"</b>			ALTERAÇÕES		ALTERAÇÃO:	DATA:	OPER. ENVOLVIDAS:		
MATERIAL: <b>99999999</b>		ESTADO: <b>Material diverso</b>			DO		ALTERAÇÃO:	DATA:	OPER. ENVOLVIDAS:		
PESO LÍQUIDO: <b>120g</b>		PESO BRUTO: <b>120g</b>		TRATAMENTO FINAL:		PROCESSO		ALTERAÇÃO:	DATA:	OPER. ENVOLVIDAS:	
Nº O.P	SETOR	DESCRIÇÃO DA PERAÇÃO	HORA 1000PC	T.P./ UNID. (seg/peça)	PEÇAS/ HORA	MAQ./ EQUIPAMENTO	FERRAMENTA	INST. OPER.	POSTOS DE TRABALHO		
5	Mont.	Transportar matéria prima para célula	0,000	0,0	0	Carrinho	-	-	-		
10	Mont.	Montar bob. Corr./ núcleo e derivação	4,16	15,0	240	Gabarito	-	77202601	10		
20	Mont.	Prensar indutor de potencial na culatra	2,50	9,0	400	Prensa 5t	Disp. C/C	77208701	20		
30	Mont.	Montar placa de fixação	2,22	8,0	450	Par. Pneum.	-	77202901	30		
40	Mont.	Colocar espaguete e tirar esmalte do fio F. P.	4,44	16,0	225	Cadinho	-	77203001	40		
50	Mont.	Soldar fio no cursor	3,05	11,0	327	Gabarito	F.solda	77203101	50		
60	Mont.	Soldar barra e posicionar em contenedor	9,52	34,0	105	Gabarito	F.solda	77203201	60		
65	Mont.	Transp. contenedor p/ kanban (50 "A")	0,000	0,0	0	Carrinho	-	-	-		
OBSERVAÇÕES:			04/03/01 DATA							ANALISADO	
										APROVADO	

### 4.3 DIMENSIONAMENTO DOS OPERADORES POLIVALENTES

De posse das informações dos produtos, da demanda (PMP) e das rotinas operacionais pode-se passar a etapa de dimensionamento dos operadores polivalentes, empregando-se para tal a planilha de dimensionamento de operadores polivalentes, apresentada na Figura 4.7.

Na aplicação realizada, utilizou-se como dados de entrada para a planilha de dimensionamento de operadores polivalentes os seguintes valores: 22 dias úteis disponíveis no mês considerado, jornada diária de 8,5 horas, demanda de 95.500 elementos motores, três células de montagem disponíveis, e as atividades padronizadas com seus respectivos tempos padrões em segundos obtidas da folha de processo.

Figura 4.7 Dimensionamento da mão-de-obra polivalente para montar os elementos “A” e “B”.

<b>DIMENSIONAMENTO DE OPERADORES POLIVALENTES</b>			
DIAS ÚTEIS		22	Produtividade (Conj./hora.homem) 34
JORNADA DIÁRIA (horas)		8,5	
VOLUME DE PRODUÇÃO MENSAL		95.500	
Tempo de ciclo ( segundos)		21	Operadores/célula 5
Número de células		3	
OP.	DESCRIÇÃO	TPU (s)	QUANTIDADE DE POSTOS DE TRABALHO POR CÉLULA
10	Montar bobina e derivação no núcleo de corrente	15,0	1
20	Prensar indutor de potencial na culatra	9,0	1
30	Montar placa de fixação	8,0	1
40	Colocar espaguete e retirar esmalte do fio de F.P.	16,0	1
50	Soldar fio no cursor.	11,0	1
60	Soldar barra neutra	34,0	2
<b>TOTAL</b>		<b>93,0</b>	<b>7</b>

Como pode ser visto na Figura 4.7, com estes dados de entrada, a planilha calculou um tempo de ciclo de 21 segundos para montar um elemento motor em cada célula, obtido pela divisão entre a jornada diária em segundos (8,5 horas por

dia x 3.600 segundos por hora = 30.600 segundos por dia) e a demanda diária para cada célula (95.500 itens por mês / 22 dias por mês = 4.341 itens por dia, divididos por 3 células, ou seja, 1.447 itens por dia em cada célula).

Já a quantidade de postos de trabalho em cada célula foi encontrada dividindo-se o somatório dos tempos padrão das operações pelo tempo de ciclo. Como o somatório dos tempos padrões é de 93 segundos e o TC é de 21 segundos, pode-se obter um total de 5 operadores em cada célula. Dividindo o tempo de uma hora de produção pelo resultado do produto entre o tempo de ciclo (21 segundos) e o número de pessoas em cada célula (5 pessoas) obtém-se a produtividade média esperada de 34 elementos motores por cada operador. Com os valores obtidos na planilha a fase quantitativa do planejamento fica concluída.

#### **4.4 DESIGNAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS**

Uma vez estabelecido o número de postos de trabalho necessários em cada célula, o próximo passo do modelo compreende a designação dos equipamentos e dispositivos necessários à execução das operações envolvidas no processo de montagem dos elementos motores.

Os equipamentos estão associados a cada operação de montagem e são quantificados em função do tempo de ciclo e o número de postos de trabalho em

cada célula. Quantificação essa obtida a partir da planilha apresentada na Figura 4.8. Nela pode-se ver, por exemplo, que na operação 20 (prensar indutor de potencial na culatra) em função do tempo de ciclo calculado de 21 segundos ser superior ao tempo padrão da operação, neste caso de 9 segundos, foi alocada uma única prensa de 5T e um dispositivo para a rebitagem em cada célula.

Figura 4.8 Designação dos equipamentos para montagem dos elementos motores.

<b>DESIGNAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA AS CÉLULAS DE MONTAGEM</b>			
<b>OPER.</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>EQUIPAMENTOS</b>	<b>QUANTIDADES</b>
10	Montar bob.de corrente no ind.de potencial e montar derivação no núcleo	Dispositivo p/ colocação de derivação	1
20	Prensar indutor de potencial na culatra	Prensa hidráulica de 5T/ Dispositivo para rebitagem	1
30	Montar a placa de fixação	Parafusadeira Pneumática; suporte e balancim	1
40	Colocar espaguete e retirar esmalte do fio da bobina de F.P.	Cadinho; exaustor.	1
50	Soldar fio no cursor	Ferro de solda; dispersor; suporte	2
60	Soldar barra neutra	Dispositivo para soldagem	2

No entanto, na operação 60 (soldar barra neutra) o tempo padrão da operação é de 34 segundos, e quando comparado ao tempo de ciclo de 21 segundos gera a necessidade de dois dispositivos para soldagem, como visto na Figura 4.8.

O caráter qualitativo dessa fase está nas exigências técnicas do processo para atender às especificações do produto. As características tecnológicas dos equipamentos, como força de atuação de uma prensa hidráulica, ou temperatura

de um sistema de soldagem, ou ainda o torque de aperto das parafusadeiras estão diretamente associadas à cada operação específica, influenciando diretamente em seu tempo de execução.

No caso específico da operação 50 (soldar fio no cursor), pelo tempo padrão da operação comparado ao tempo de ciclo só seria necessário um único ferro de solda, no entanto exigências de caráter qualitativo da operação solicitam um outro ferro de solda disponível para substituição.

#### **4.5 ESCOLHA DA EQUIPE E NIVELAMENTO DE CONHECIMENTOS**

A escolha da equipe e o posterior nivelamento de conhecimentos dos operadores polivalentes ocorreram segundo os critérios estabelecidos no capítulo anterior, onde um engenheiro de processos, um supervisor e um encarregado de produção elegeram a equipe com base nas exigências dos produtos “A” e “B” e competências individuais de cada operador.

Como grau de instrução a empresa adota em seu recrutamento o perfil mínimo de ter concluído o ensino fundamental. Com isso todos os operadores selecionados e utilizados na aplicação do modelo concluíram no mínimo o ensino fundamental.

No entanto, foi utilizada uma fase de diagnóstico da equipe. Nessa fase os operadores foram submetidos a uma análise de conhecimento prático em cada uma das seis operações de montagem dos elementos motores. Com isso foi gerada uma matriz de polivalência onde foi registrado o nível de conhecimento que cada operador possuía sobre as atividades do processo. A Figura 4.9 mostra o perfil dos operadores antes do nivelamento. Nesse caso 15 operadores foram selecionados com o objetivo de participar do projeto de manufatura celular para montar os elementos motores para os modelos “A” e “B”.

Figura 4.9 Matriz de polivalência antes do treinamento para montar elementos “A” e “B”.

PROJETO DE MANUFATURA CELULAR						
MATRIZ DE ATIVIDADES - CÉLULAS DE MONTAGEM DOS ELEMENTOS "A" e "B"						
OPERADORES	ATIVIDADES DO PROCESSO PRODUTIVO					
	OP.10	OP.20	OP.30	OP.40	OP.50	OP.60
TEMPO PADRÃO DA OPERAÇÃO (segundos)	Montar a bobina e derivação no núcleo de corrente.	Pressar indutor de potencial na culatra	Montar a placa de fixação	Colocar espaguete e retirar esmalte do fio de F. P.	Soldar fio no cursor	Soldar barra neutra
	15,0	9,0	8,0	16,0	11,0	34,0
4474	-	O	-	O	-	-
4381	-	O	-	O	-	-
4572	-	O	-	O	-	-
5896	X	-	O	-	-	-
6521	X	-	O	-	-	-
4587	O	O	-	-	-	X
5684	X	O	O	-	-	-
5987	O	X	-	-	-	X
5129	X	X	-	O	O	-
4123	X	X	-	O	O	-
4561	X	X	-	-	-	-
4834	X	X	-	-	O	O
5643	X	X	-	-	-	O
4732	X	-	O	-	O	O
1465	X	X	-	-	O	-

Domina a Operação

Conhece a Operação

Desconhece a Operação

Como pode-se ver nesta figura, dentre os 15 operadores selecionados, apesar da grande maioria já conhecer as operações, nenhum deles dominava o conjunto de operações necessárias para a montagem dos elementos “A” e “B”. Como ponto negativo, existiam operações, principalmente as operações 10 e 20, que eram de total desconhecimento por parte do grupo. A partir destas constatações passou-se para a etapa seguinte da metodologia, que consiste em treinar o grupo para o pleno domínio das operações.

#### **4.6 TREINAMENTO PARA A POLIVALÊNCIA**

Concluindo a fase qualitativa do planejamento, o treinamento para a polivalência consistiu em submeter os operadores polivalentes ao treinamento diário “*on the job*” em todas as operações numa célula piloto, durante um período de 4 semanas. Nesse caso, nas primeiras duas semanas, os operadores que foram diagnosticados como os de menor conhecimento e domínio do processo, passaram por um treinamento intensivo de nivelamento prático nas demais operações, assimilando as características de qualidade envolvidas em cada etapa. Nesse período de duas semanas iniciais os demais operadores mais experientes atuaram como instrutores e multiplicadores diretos do processo de melhoria contínua. Após o período de 4 semanas o resultado do treinamento foi o demonstrado na Figura 4.10.

Figura 4.10 Matriz de polivalência após o treinamento para montar elementos “A” e “B”.

PROJETO DE MANUFATURA CELULAR						
MATRIZ DE ATIVIDADES - CÉLULAS DE MONTAGEM DOS ELEMENTOS "A" e "B"						
OPERADORES	ATIVIDADES DO PROCESSO PRODUTIVO					
	OP.10	OP.20	OP.30	OP.40	OP.50	OP.60
	Montar a bobina e derivação no núcleo de corrente.	Prensar indutor de potencial na culatra	Montar a placa de fixação	Colocar espaguete e retirar esmalte do fio de F. P.	Soldar fio no cursor	Soldar barra neutra
TEMPO PADRÃO DA OPERAÇÃO (segundos)	15,0	9,0	8,0	16,0	11,0	34,0
4474	O	O	O	O	O	O
4381	O	O	O	O	O	O
4572	O	O	O	O	O	O
5896	O	O	O	O	O	O
6521	O	O	O	O	O	-
4587	O	O	O	O	O	O
5684	O	O	O	O	O	-
5987	O	O	O	O	O	O
5129	O	O	O	O	O	O
4123	O	O	O	O	O	O
4561	O	O	O	O	O	O
4834	-	O	O	O	O	O
5643	-	O	O	O	O	O
4732	O	O	O	O	O	O
1465	-	O	O	O	O	O

Domina a Operação

- Conhece a Operação

X Desconhece a Operação

Comparando-a com a Figura 4.9 anterior, pode-se observar na Figura 4.10 a eficácia do treinamento operacional, onde em 90 observações, cruzando a quantidade de operadores com o número de operações, obteve-se um índice em torno de 97% dos operadores totalmente aptos à execução de todas as atividades nas células de montagem dos elementos motores “A” e “B”. Quanto aos três operadores que não atingiram o estágio de domínio das operações, continuaram sob treinamento e observação da gerência operacional que manteve a avaliação do real potencial desses operadores, 5643 na operação 10, 4587 e 5987 na operação 60, em realizar todas as atividades na célula.

## 4.7 DISTRIBUIÇÃO DOS OPERADORES NA CÉLULA

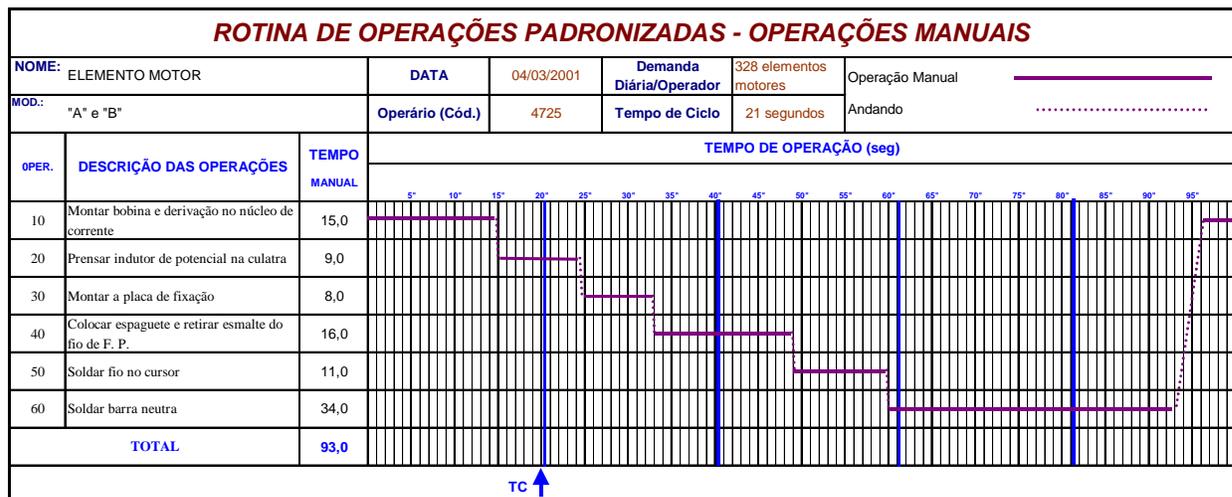
A distribuição dos operadores polivalentes nas células ocorreu com base nos valores encontrados na *planilha de dimensionamento dos operadores polivalentes*, apresentada na Figura 4.7, onde se calculou o número de operadores por célula como sendo de 5 operadores, em função do tempo de ciclo de 21 segundos para atender ao planejamento-mestre da produção de 95.500 elementos motores no mês de março de 2001. Nesse caso, após a distribuição e operação da célula cada operador montou por dia um total de 362 elementos motores.

Como pode ser observado no exemplo prático, o TC de 21 segundos é menor que a soma dos tempos padrões das operações, que totaliza 93 segundos. Nesse caso a solução adotada foi a de distribuir os operadores percorrendo todas as operações, *em carreata*, de tal forma que no momento em que cada operador estiver aproximadamente após a metade da operação 20, quando o operador atinge um tempo de 21 segundos, o segundo operador inicia a primeira operação. E, dessa forma, cada um dos 5 operadores, separados por intervalos de 21 segundos, tem como rotina as seis operações sendo repetidas a cada 93 segundos, o que deu um tempo de ciclo por elemento motor de aproximadamente 21 segundos, conforme o planejado.

A Figura 4.11 apresenta de forma clara a rotina de operações-padrão definida para cada operador da célula, na qual a seis operações são executadas de forma seqüencial por cada operador.

É importante ressaltar que nos valores de tempos de cada operação já estão consideradas todas as paradas normais estabelecidas nas tolerâncias aplicáveis. Nesse caso, nos tempos padrões de execução de cada operação estão contemplados os aspectos de normalização de ritmo, assim como os tempos para recuperação física devido a fadiga, necessidades pessoais e demais interrupções observadas no estudo de medida do trabalho.

Figura 4.11 Folha de rotina de operações-padrão para montagem dos elementos “A” e “B”



## 4.8 OPERAÇÃO DA CÉLULA

Uma vez colocada em operação a equipe de 15 operadores polivalentes distribuídos em 3 células, ficou comprovada a eficácia do modelo a partir dos resultados quantitativos de produtos realmente montados no mês de março de 2001, os quais podem ser visualizados na Figura 4.12, *planilha de acompanhamento e controle da produção*, onde são lançados os valores de produção realizada no período.

O que garante a representatividade dos valores, que podem ser visualizados na *planilha de acompanhamento e controle da produção*, é o fato de que os dados de entrada do que foi produzido nas células para cada *cliente/modelo* foram lançados “*on line*” e em tempo real pelos próprios operadores polivalentes através de terminais de computadores instalados em cada célula.

Figura 4.12 Planilha de acompanhamento e controle da produção

**MEDIDORES - PROGRAMA DE MARÇO/2001**

**30/03/2001 as 15:28:25**

<b>Cliente/modelo</b>	<b>Dia</b>	<b>QTDE</b>	<b>MONTcel</b>	<b>AprovGQ</b>	<b>Faturado</b>	<b>Exp</b>	<b>aFaturar</b>
CLIENTE 13	10	12.000	12.000	12.000	12.000	100%	0
CLIENTE 15	15	13.000	13.000	13.000	13.000	100%	0
CLIENTE 18	20	9.000	9.000	9.000	9.000	100%	0
CLIENTE 19	25	8.000	8.000	8.000	8.000	100%	0
CLIENTE 21	30	20.000	20.000	20.000	20.000	100%	0
CLIENTE 28	30	10.000	10.000	10.000	10.000	100%	0
CLIENTE 36	31	8.500	8.500	8.500	8.500	100%	0
CLIENTE 45	31	15.000	15.000	15.000	15.000	100%	0
<b>Total</b>		<b>95.500</b>	<b>95.500</b>	<b>95.500</b>	<b>95.500</b>		<b>0</b>

É importante observar que a planilha é dinâmica e parte da mesma base de informações emitida através do PMP, incluído na planilha de programação de produtos apresentada na Figura 4.5. Do ponto de vista operacional as informações que dão entrada na *planilha de acompanhamento e controle da produção* são as seguintes:

- ✓ MONTcel: são as informações do quanto está sendo montado nas células para cada cliente. Essas informações são lançadas pelos próprios operadores polivalentes;
- ✓ AprovGQ: são as informações das auditorias de qualidade do produto, executadas por amostragem durante o processo pela Garantia da Qualidade;
- ✓ Faturado: são os produtos faturados no período. As informações de faturamento são associadas às expedições dos produtos e são lançadas pela área comercial.

## **4.9 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este capítulo apresentou uma aplicação prática do modelo proposto de dimensionamento e distribuição da mão-de-obra polivalente trabalhando em células de manufatura. A metodologia proposta contemplou o uso de ferramentas simples de informática, onde as planilhas eletrônicas utilizadas, baseadas no

*Excel*®, com baixo custo operacional e possibilitaram maior flexibilidade e rapidez ao dimensionamento.

O modelo foi aplicado em uma empresa fabricante de equipamentos de medição de energia elétrica, água e de proteção de instalações elétricas situada em Fortaleza, no Nordeste do Brasil. Um fluxograma simplificado do processo de fabricação foi apresentado, ressaltando o setor de montagem de medidores de energia, área onde o modelo foi colocado em prática e comprovada sua eficácia através das várias planilhas utilizadas e apresentadas nesse capítulo.

A partir da utilização do modelo de dimensionamento, a empresa agilizou não só o processo de implantação de novas células de manufatura, e em particular as células de montagem, como também a adequação das células existentes às variações de demanda. Com isso, houve uma série de melhorias que estão apresentadas de forma sintética na Figura 4.13.

Detalhando melhor o impacto positivo da utilização do modelo por parte da empresa, pode-se ressaltar inicialmente que ficou sistematizada uma metodologia de dimensionamento e melhoria contínua do processo produtivo baseado em células de manufatura. Até então não existia um mecanismo estabelecido, o que implicava em perdas no processo.

Figura 4.13 Melhorias obtidas com a utilização do modelo de dimensionamento

<b>IMPACTO DA UTILIZAÇÃO DO MODELO DE DIMENSIONAMENTO DOS OPERADORES POLIVALENTES NA EMPRESA ONDE O MODELO FOI APLICADO</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>ANTES DO USO DO MODELO</b>	<b>APÓS O USO DO MODELO</b>
METODOLOGIA DE IMPLANTAÇÃO	Não existente	Existente
TEMPO NECESSÁRIO PARA EXECUÇÃO DO DIMENSIONAMENTO	2 dias	15 minutos
QUANTIDADE DE PESSOAS NECESSÁRIAS PARA EXECUTAR O DIMENSIONAMENTO	2 pessoas	1 pessoa
NÍVEL DE CONHECIMENTO NECESSÁRIO DO EXECUTANTE DO DIMENSIONAMENTO	1 Técnico de nível médio e 1 Engenheiro de processos	1 Técnico de nível médio
EXISTÊNCIA DE UMA ROTINA QUE DIRECIONE PARA A MELHORIA CONTÍNUA	Não existente	Existente
CONTROLE DA ATIVIDADE OPERACIONAL DOS OPERADORES POLIVALENTES	Deficiente	Eficiente
PRECISÃO E CONFIABILIDADE NOS DADOS CALCULADOS	Menor	Maior
CUSTOS OPERACIONAIS PARA A EXECUÇÃO DO DIMENSIONAMENTO	R\$101.400,00/ano	R\$20.800,00/ano

Outro aspecto a ser ressaltado com o uso do modelo é o da redução do tempo necessário para a execução do dimensionamento. Antes da implantação do modelo a empresa utilizava em torno de dois dias para executar um dimensionamento de mão-de-obra, onde todos os cálculos eram executados de forma independente sem considerar simultaneamente todas as variáveis. Ao final, os resultados obtidos eram analisados e qualquer alteração que se fizesse necessária exigia a realização de todos os cálculos novamente. Atualmente, com o uso da planilha de dimensionamento, o tempo para dar entrada com os dados,

obter e analisar os resultados e tomar as decisões necessárias para o dimensionamento passou a ser em torno de quinze minutos, utilizando uma única pessoa técnica de nível médio.

Com a redução de um profissional de nível superior, a empresa obteve um ganho em torno de R\$80.000,00/ano contabilizando unicamente o valor do salário local de um engenheiro mais encargos sociais. Essa economia foi obtida devido a simplicidade operacional do modelo de dimensionamento, baseado no *Excel*<sup>®</sup>. Junto ao modelo obteve-se uma maior confiabilidade nos dados calculados via planilha eletrônica.

No entanto, deve ser ressaltado o ganho que a empresa obteve com o controle da atividade operacional da mão-de-obra polivalente, uma vez que antes a matriz de polivalência não era utilizada. Atualmente a empresa possui um elenco ainda maior e cadastrado de operadores polivalentes, os quais podem desenvolver qualquer atividade do processo, além de possuírem uma visão sistêmica do produto e do processo, condição básica para o sucesso da filosofia JIT/TQC.

Além das melhorias apresentadas, um outro fator extremamente positivo foi a interligação de informações via sistema em rede, o que possibilitou a obtenção de respostas mais rápidas comprovando a eficácia do modelo de dimensionamento. Com esse sistema, obtém-se um “*feed back*” imediato do sistema produtivo quanto ao atendimento ao PMP estabelecido.

Uma vez apresentada a aplicação prática da metodologia proposta, pode-se passar ao capítulo 5 onde serão discutidas algumas recomendações adicionais e as conclusões finais em relação ao conteúdo do trabalho como um todo.

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES**

Este capítulo apresenta as conclusões finais sobre o trabalho desenvolvido onde objetivou-se demonstrar a importância da utilização da mão-de-obra polivalente na produção e conseqüente necessidade de se elaborar um modelo simples de dimensionamento desses operadores em células de manufatura.

#### **5.1 CONCLUSÕES**

O trabalho proposto foi desenvolvido em cinco capítulos. No primeiro capítulo foram apresentados os tópicos referentes à origem do trabalho, sua importância, seus objetivos geral e específicos, suas limitações e sua estrutura.

Através da revisão bibliográfica, apresentada no capítulo 2, foram apresentados o conceito da filosofia de produção *JIT/TQC* e as ferramentas que a compõe. A polivalência da mão-de-obra foi apresentada como uma das ferramentas de flexibilidade do sistema *JIT/TQC*, sendo o dimensionamento de operadores polivalentes que atuam em células de manufatura, o objetivo principal da pesquisa. As vantagens do emprego de operadores polivalentes e do trabalho em grupo foram ressaltadas, assim como as sistemáticas de balanceamentos entre os processos. Na parte final do capítulo foram

apresentados diversos trabalhos desenvolvidos na área por outros autores mostrando, principalmente, as vantagens proporcionadas pela polivalência.

Na revisão bibliográfica efetuada notou-se que os autores estudados abordam o dimensionamento da mão-de-obra polivalente em dois extremos: ou com uma heurística complexa onde há a necessidade do uso de linguagens de programação específicas e de aplicabilidade restrita, ou de uma forma generalista, utilizando simuladores, não tecendo detalhes práticos de implantação e distribuição, extremamente necessários para indústrias com processo repetitivo em lotes, como foi o exposto nesse trabalho.

Diante das lacunas observadas na bibliografia pesquisada, surgiu a necessidade de desenvolver um modelo de dimensionamento de operadores polivalentes apropriado para os processos repetitivos em lote, utilizando células de manufatura, validando-o em uma aplicação prática.

No capítulo 3 foi apresentado o modelo proposto de dimensionamento e distribuição dos operadores polivalentes, considerando as lacunas existentes observadas na revisão bibliográfica. O modelo apresentado de forma resumida na Figura 3.1 é um modelo simples que contempla dois horizontes de tempo distintos: planejamento e operação.

No planejamento para dimensionamento e distribuição da mão-de-obra polivalente em células são abordadas seis etapas, quais sejam: *escolha da equipe, nivelamento de conhecimentos, treinamento para a polivalência, dimensionamento da célula com base no tempo de ciclo (TC), designação dos equipamentos necessários e distribuição dos operadores.*

Já na operação do modelo, a partir da definição dos operadores distribuídos na célula para um determinado tempo de ciclo, tem-se a etapa de *acompanhamento da eficácia do sistema*, que monitora seu desempenho e serve de suporte para a etapa de melhoria contínua, onde ações são tomadas para o aperfeiçoamento do sistema.

No quarto capítulo o modelo proposto foi implementado em uma empresa fabricante de equipamentos eletromecânicos situada na região Nordeste do país. A empresa caracteriza-se por um processo produtivo repetitivo em lotes.

A aplicação do modelo foi baseada em planilhas *Excel®*, cuja grande vantagem residiu na simplicidade do sistema gerado, associada a um pequeno custo e baixo conhecimento de informática para sua operacionalização.

O uso das planilhas eletrônicas possibilitou dimensionar, de forma rápida, a quantidade de operadores polivalentes da empresa estudada, a partir do PMP, e comparar com a demanda do período estabelecida na programação da produção, momento em que a eficácia do modelo proposto foi comprovada.

Uma vantagem obtida usando o modelo proposto foi a redução de tempo de execução do dimensionamento da mão-de-obra polivalente. Antes da implantação do modelo a empresa utilizava em torno de dois dias para executar um dimensionamento de mão-de-obra, onde todos os cálculos eram executados de forma independente sem considerar simultaneamente todas as variáveis. Ao final, os resultados obtidos eram analisados e qualquer alteração que se fizesse necessária exigia a realização de todos os cálculos. Atualmente, com o uso da planilha de dimensionamento, o tempo para dar

entrada com os dados, obter e analisar os resultados e tomar as decisões necessárias para o dimensionamento passou a ser em torno de quinze minutos e, utilizando uma única pessoa técnica de nível médio.

Outra vantagem obtida com o uso do modelo foi a redução de custos com o dimensionamento. Uma só pessoa foi suficiente para realizar o trabalho, enquanto antes havia a necessidade de duas pessoas, um engenheiro e um técnico de nível médio, para executar o dimensionamento. O que resultou numa economia anual em torno de R\$80.000,00.

Enfatizando o objetivo geral registrado no capítulo 1, o qual se propôs a desenvolver um modelo de dimensionamento e distribuição de operadores polivalentes em células de manufatura direcionado às empresas com processos repetitivos em lotes, utilizando planilhas eletrônicas, foi plenamente atendido.

Detalhando o objetivo geral em objetivos específicos, vale lembrar o que eles pretendiam:

1. Revisar a bibliografia que aborda conceitualmente a questão do dimensionamento e distribuição de operadores da administração científica de *Taylor*, até a polivalência apoiada na filosofia *JIT/TQC* no sentido de consolidar a base teórica do modelo proposto.
- ✓ Esse objetivo específico foi atingido com o Capítulo 2, onde foi realizada uma pesquisa bibliográfica aprofundada sobre o tema e identificada, a partir dessa pesquisa, a necessidade do desenvolvimento do modelo de

dimensionamento e distribuição da mão-de-obra polivalente apresentado no Capítulo 3.

2. Desenvolver um modelo simples para o dimensionamento e distribuição de operadores polivalentes em células de manufatura.
  - ✓ Esse objetivo foi plenamente atingido a partir do modelo proposto no Capítulo 3. Nesse caso um modelo genérico foi proposto delineando toda a metodologia necessária ao dimensionamento.
3. Aplicar na prática o modelo proposto para testar sua validade.
4. Apresentar os resultados e conclusões oriundas da implementação do modelo.
  - ✓ A partir da utilização do modelo em uma indústria e dos resultados obtidos no Capítulo 4, ficou comprovada a eficácia da metodologia de dimensionamento e distribuição de operadores polivalentes. A simplicidade de operação e a visão sistêmica do modelo são os pontos fortes que o caracterizam. Com isso, os objetivos específicos 3 e 4 foram plenamente atingidos.

Um dos fatores que limitaram o modelo utilizado no trabalho, recaiu no desenvolvimento de atividades puramente operacionais em processos repetitivos em lotes, onde sabidamente a implantação da polivalência com células de manufatura apresenta os melhores resultados.

A comprovação prática do modelo de dimensionamento e distribuição dos operadores polivalentes foi obtida em uma única empresa fabricante de equipamentos eletromecânicos de precisão, utilizando para isso um *software* montado em planilhas eletrônicas desenvolvidas para tratar sistemas de produção repetitivos em lotes. Com isso, o modelo apresentado teve sua validade testada e restrita a segmentos produtivos que utilizam a padronização de atividades em seu processo de fabricação. Não há, nesse momento, como garantir a sua utilização em empresas prestadoras de serviço ou nos sistemas de produção em massa e sob encomenda. Assim, generalizar seu uso para todos os tipos de sistemas é precipitado.

A seguir, serão apresentados diversos pontos que recomenda-se serem pesquisados para que sejam complementados os tópicos abordados neste trabalho.

## **5.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Partindo da necessidade de uma atitude de melhoria contínua, seria oportuno salientar que há uma série de outros fatores relacionados ao tema desse trabalho os quais necessitam de um melhor aprofundamento científico. Como sugestão, recomendam-se os seguintes tópicos para futuras pesquisas:

- elaborar outros trabalhos que desenvolvam ou adaptem o modelo proposto neste trabalho para utilização em processos sob encomenda que possuam

uma padronização mínima, ou em processos contínuos que possuam operadores polivalentes com rotinas operacionais, ou em empresas prestadoras de serviços que possuam uma padronização ou rotina operacional em seu processo que permitam o uso de células administrativas;

- aplicar o modelo proposto em outros segmentos industriais que se caracterize por ter um sistema repetitivo em lotes e que sabidamente empreguem células de manufatura e operadores polivalentes, como o ramo de confecções, por exemplo, no sentido de generalizar as conclusões e desvincula-las do tipo de produto ou ramo industrial apresentado nesse trabalho.
- analisar sob o aspecto psicossocial, além da questão meramente técnica de balanceamento da produção a demanda, o impacto destas mudanças organizacionais decorrentes da dinâmica da polivalência e da troca de funções entre operadores polivalentes;
- desenvolver e atrelar ao modelo indicadores de performance dos operadores polivalentes em células, no sentido de justificar ações para introduzir a participação de resultados da empresa na remuneração dos operadores.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANTUNES JUNIOR, J. A. V. **Manutenção produtiva total: uma análise crítica a partir de sua inserção no sistema Toyota de produção.** Anais do 18º ENEGEP, 21-25 de setembro, Niterói, 1998.

BAILEY, D. E., ADIGA, S. **Measuring manufacturing work group autonomy.** **IEEE transactions on Engineering Management**, v. 44, n. 2, p. 158-172, may, 1997.

BENEVIDES FILHO, Sérgio. **A polivalência como ferramenta para a produtividade.** UFSC, 1999, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.

CHAN, Ching-Yuen; Lam, Fat-Wing; Lee Chee-Pui. **Considerations for using cellular manufacturing.** *Journal of Materials Processing Technology*, 96, 1999, p. 182-187.

CHEN, F. **Issues in the Continuous Improvement Process for Preventive Maintenance: observations from Honda, Nippondenso and Toyota.** *Production and Inventory Management Journal*, Fourth Quarter, p.13-16,1997.

CONTI, R. F. **Variable Manning Jit: An Innovative Answer To Team Absenteism.** *Production and Inventory Management Journal*, First Quarter, p.24-27,1996.

CORIAT, B. **Pensar pelo avesso: o modelo japonês de trabalho e organização.** Rio de Janeiro, UFRJ/Revan, 1994.

DAVENPORT, Thomas. **Reengenharia de Processos**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1994.

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

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

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

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

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

HARDING, H. A. **Administração da Produção**. São Paulo, Editora Atlas, 1992.

HAMMER, Michael. JONES, Daniel. **Reengenharia**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1994.

MACHLINE, Claude et al. **Manual de Administração da Produção**. Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1971.

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

MARX, Roberto, **Trabalho em grupos e autonomia como instrumentos de competição: experiência internacional, casos brasileiros, metodologia da implantação**. São Paulo, Editora Atlas, 1997.

MERCEDES BENS. Mercedes Bens do Brasil, fábrica de eixos: apostila de **treinamento em manufatura celular**, 2000.

MILTENBURG, John. **U-shaped production lines: A review of theory and practice**. International journal of production economics, 70, p. 201-214, 2001.

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

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

NUNES, Fernando R. M. Apostila de treinamento: **Capacitação em gestão tecnológica - Gestão da qualidade e administração da produção**. MICT, FIEC, 1997.

OHNO, Taiichi. **O sistema Toyota de produção: além da produção em larga escala**. Porto Alegre, Bookman, 1997.

PALADINI, Edson Pacheco. **Qualidade Total na Prática**. São Paulo, Editora Atlas, 1997.

RAMARAPU, Narender K. **A comparative analysis and review of JIT “implementation” research**. International Journal of Operations & Production Management, v.15, n.1, p.38-39, 1995.

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

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

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

TAYLOR, F. **Princípios de Administração Científica**. 8.ed, São Paulo, Editora Atlas, 1990.

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

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

YOSHINAGA, Ciro. **Manufatura celular: apostila de treinamento operacional**. São Paulo, Ciro & Associados Editora, 1998.

ZILBOVICIUS, Mauro. **Modelos para a produção, produção de modelos: gênese, lógica e difusão do modelo japonês de organização da produção.**

São Paulo, FAPESP, Annablume Editora, 1999.

## **BIBLIOGRAFIA**

ALLORA, Franz e Valério. **UP' Unidade de Medida da Produção**. São Paulo, Livraria Pioneira Editora, 1995.

BRITO, R. G. F. A., PAROLIN, J. E. **Planejamento, Programação e Controle da Produção**. São Paulo, IMAM, 1996.

BUFFA, Elwood. **Administração da Produção**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 1972.

CORRÊIA, H., GIANESI, I. **Just in time, MRP II e OPT: um enfoque estratégico**. São Paulo, Atlas, 1996.

DAVIS, Mark et al. **Fundamentos da Administração da Produção**. Porto Alegre, Bookman, 2000.

EVANS, James R. **Production, Operations Management**. St. Paul (EUA), West Publishing Company, 1997.

HEIZER, Jay; RENDER, Barry. **Production and Operations**. New Jersey (EUA), Prentice-Hall, Inc, 1995.

HUGE, Ernert C., ANDERSON, Alan D. **Guia para Excelência de Produção**. São Paulo, Atlas, 1993.

ISHIKAWA, Kaoru. **Controle de Qualidade Total**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1993.

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

LISBOA, João Veríssimo; GOMES, Carlos Ferreira. **Apontamentos de Gestão Industrial**. Coimbra – Portugal, Secção de Textos da FEUC, 2000.

OHNO, Taiichi. **O Sistema Toyota de Produção**. Porto Alegre, Bookman, 1997.

SHINGO, Shigeo. **Sistema de Produção com Estoque Zero**. Porto Alegre, Bookman, 1996.

SHY, Oz. **Industrial Organization: Theory and Applications**. The MIT Press-Massachusetts Institute of Technology – 1995.

SMIDERLI, C. D., VITO, S. L., FRIES, C. E. **A busca da eficiência e a importância do balanceamento de linhas de produção**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1998.

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

VIEIRA, Sonia. **Estatística para a Qualidade**. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1999.