

# **SIMPLIFICAÇÃO DO FLUXO DA PRODUÇÃO PARA PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS INDUSTRIAIS**

**VÂNIA DAS GRAÇAS ROCHA SIMÕES OLIVEIRA**

**Orientador: Prof. GUSTAVO ABEL CARRILLO GUZMÁN**

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia, da Universidade Federal de Minas Gerais, para obtenção do título de Mestre em Engenharia da Produção, Área de Concentração em "Dinâmica dos Sistemas de Produção".

**BELO HORIZONTE**  
Estado de Minas Gerais - Brasil  
Outubro, 1998



**ESCOLA DE ENGENHARIA DA UFMG**  
**Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE VÂNIA DAS GRAÇAS ROCHA SIMÕES, nº de registro 9567666. Às 9h do dia 29 do mês de outubro de 1998, reuniu-se, na Escola de Engenharia da UFMG a Comissão Examinadora de Dissertação, indicada pelo Colegiado do Curso em 09/09/98, para julgar, em exame final, o trabalho intitulado "Simplificação do Fluxo de Produção para Pequenas e Médias Empresas Industriais", requisito final para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia de Produção, área de Gestão da Produção. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Professor Gustavo Abel Carrillo Guzman, após dar a conhecer aos presentes o teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata, para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a Comissão se reuniu, sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Foram atribuídas as seguintes indicações:

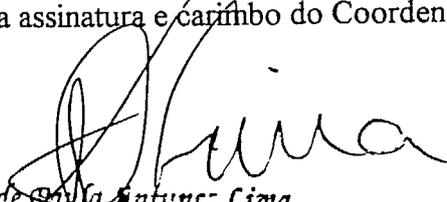
Prof. <u>Gustavo Abel Carrillo Guzman</u>	Instituição <u>UFMG</u>	Indicação <u>Aprovado (90)</u>
Prof. <u>Antônio Sérgio de Souza</u>	Instituição <u>UFMG</u>	Indicação <u>Aprovado 90 (mover)</u>
Prof. <u>Carlos Alberto Gonçalves</u>	Instituição <u>PUC/MG</u>	Indicação <u>Aprovado 70 (mover)</u>
Profa. <u>Lídia Micaela Segre</u>	Instituição <u>UFRJ</u>	Indicação <u>Aprovado 90 (mover)</u>

Pelas indicações, a candidata foi considerada APROVADA.

O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar o Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 29 de outubro de 1998.

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
Lídia Segre

Obs.: Este documento não terá validade sem a assinatura e carimbo do Coordenador.

  
Prof. Francisco de Paula Antunes Lima  
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção - E.E. UFMG - Insc. 033425

a meus pais, Nilton e Albertina com muito amor;

ao meu esposo, Luiz Felipe, aos meus irmãos, em especial a Simone e Luiz Roberto, e a minha amiga Conceição, meus grandes incentivadores;

aos homens que promovem mudanças para incorporar melhores métodos em seu trabalho.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela constante presença.

Em especial, desejo agradecer ao Prof. Gustavo Abel Carrillo Guzmán pelo grande apoio, simpatia e atenção com que conduziu a orientação desta pesquisa.

Aos Professores Dr. Antônio Sérgio de Souza e Dr. Samuel Vieira da Conceição, pelo grande incentivo ao desenvolvimento do trabalho.

A todos os colegas, da equipe do projeto SEBRAE e do mestrado, pelas proveitosas discussões e pelo apoio.

Aos professores do Departamento de Produção, pela amizade, capacidade e dedicação mostradas no decorrer dos anos.

A todos os colegas da Secretária do Mestrado, da Secretária de Produção, da Biblioteca, do Ladesp, do Laboratório de Ergonomia da Produção, do Suporte de Rede e do CCE, pela amizade e apoio nunca negado.

Ao SEBRAE/MG, pela participação em parte desta pesquisa.

Aos professores e colegas do CAD/FACE/UFMG, pelo apoio.

Aos proprietários e funcionários da empresa pesquisada, pela grande participação.

Aos funcionários e bibliotecários da Escola Politécnica/USP, da Escola de Engenharia de São Carlos/USP e da COPPE/RJ, pelas instruções.

Aos Professores Dr. Rosalvo T. Ruffino e Dr. Eduardo Vila Gonçalves Filho, da Escola de Engenharia de São Carlos/USP, pela atenção e apoio.

A Maria da Conceição de Oliveira, a Simone Ap. Simões Rocha e ao Wlademir Azevedo Silva, pelo empréstimo de equipamentos, facilitando que o mesmo fosse desenvolvido.

A Simone Gontijo Fernandes pela ajuda na correção do português.

E a todos que souberam transmitir seu apoio para que este trabalho fosse realizado!

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE SIGLAS .....	iii
LISTA DE FIGURAS .....	iv
LISTA DE TABELAS .....	vi
RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	ix
<b>Capítulo 1 – INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. Objetivo do trabalho .....	1
1.2. Justificativa do trabalho .....	1
1.3. Estruturação do trabalho .....	7
1.4. Metodologia da pesquisa .....	9
1.5. Contexto sobre as PME's produtivas .....	13
1.5.1. O mercado e a competitividade .....	15
1.5.2. A estratégia de manufatura .....	17
1.5.3. A estrutura organizacional .....	22
1.5.4. Formas básicas dos sistemas produtivos .....	27
<b>Capítulo 2 - TECNOLOGIA DE GRUPO NO PROCESSO PRODUTIVO:</b>	
<b>ASPECTOS GERAIS .....</b>	<b>36</b>
2.1. Conceitos .....	36
2.2. Histórico .....	40
2.3. Fases do desenvolvimento da T.G. ....	41
2.4. Principais áreas de aplicação .....	47
2.5. Vantagens e desvantagens .....	54
2.6. Curva ABC .....	60
2.7. Sistema de codificação .....	63
2.8. Formação de família .....	65
2.8.1. Principais métodos para formação de família .....	65
2.8.1.2. Análise do Fluxo da Produção - AFP .....	72
Etapa 1- Análise do Fluxo entre Departamentos-AFD .....	84
Etapa 2- Análise de Grupo - AG .....	96
Etapa 3- Análise de Linha - AL .....	112
<b>Capítulo 3 - A PESQUISA EMPÍRICA .....</b>	<b>119</b>
3.1. Introdução .....	119
3.2. Análise da empresa pesquisada .....	120
3.3. Aplicação da curva ABC .....	124
3.4. Sistema de codificação .....	131
3.5. Formação de famílias através da AFP .....	136
Etapa 1- Análise do Fluxo entre Departamentos-AFD .....	136
Etapa 2- Análise de Grupo - AG .....	147
Etapa 3- Análise de Linha - AL .....	158
3.6. Resultados .....	169

<b>Capítulo 4 – CONCLUSÕES</b> .....	<b>171</b>
4.1. Conclusões sobre as PME's produtivas.....	171
4.2. Conclusões gerais sobre o trabalho .....	172
4.2.1. Tecnologia de grupo .....	172
4.2.2. Adaptação e aplicação conceitual da AFP.....	174
4.3. Sugestões para novos trabalhos : .....	182
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>183</b>
<b>ANEXOS</b> .....	<b>192</b>
Questionário para seleção de empresas a serem pesquisadas.....	193
Questionário para análise da empresa pesquisada .....	194
Tabelas de produtos, peças, processos e máquinas .....	197
Passos básicos para PME's industriais implantarem a técnica AFP	211

## LISTA DE SIGLAS

1. AFD: Análise do Fluxo entre Departamentos
2. AFP: Análise do Fluxo de Produção
3. AG: Análise de Grupo
4. AL: Análise de Linha
5. Classificação SICGE: Máquina Especial, Intermediária, Comum, Geral e Equipamentos
6. f: Número de peças advindas de outras máquinas
7. F: Número de diferentes peças com operações em cada tipo de máquina
8. LMC: Listagem de Máquinas-Chaves
9. MV: Método Visual
10. N: Quantidade de máquinas do mesmo tipo (tamanho, função e capacidade)
11. NFO: Número de Fluxo de Operações
12. NFP: Número de Fluxo de Produção
13. PME: Pequenas e Médias Empresas
14. SCC: Sistema de Classificação e Codificação
15. TG: Tecnologia de Grupo

## LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 : Delineamento do trabalho .....	8
Figura 2.1: Síntese do método proposto .....	59
Figura 2.2: Fluxo atual da produção .....	74
Figura 2.3: Fluxo da produção simplificado através da AFP .....	75
Figura 2.3.1: Estágios para implantação da AFP .....	84
Figura 2.4: Fluxograma básico .....	88
Figura 2.5: Fluxograma predominante .....	93
Figura 2.6: Fluxograma predominante simplificado .....	95
Figura 2.7: Classificação do tipo de máquina (SICGE) .....	101
Figura 2.8: Tabelas de máquinas .....	104
Figura 2.9: Tabela matriz peças/máquinas .....	105
Figura 2.10: Tabela de listagem de máquina-chave (LMC) .....	106
Figura 2.11: Tabela de módulo resumido .....	107
Figura 2.12: Resolução da matriz .....	111
Figura 2.13: Fluxo de produção nas máquinas .....	114
Figura 2.14: Fluxo de produção após aplicar a análise de linha .....	115
Figura 3.1: Gráfico da Curva ABC da empresa pesquisada .....	130
Figura 3.2: Passos para desenvolver a AFD .....	137
Figura 3.3: Fluxograma básico .....	140
Figura 3.4: Fluxograma predominante .....	143
Figura 3.5: Fluxograma predominante simplificado .....	146
Figura 3.6: Passos para desenvolver a AG .....	148
Figura 3.7: Tabela de máquinas .....	150
Figura 3.8: Tabela de máquinas x módulos .....	151
Figura 3.9: Tabela matriz de peças x máquinas .....	152
Figura 3.10: Tabela de listagem de máquinas-chaves (LMC) .....	153
Figura 3.11: Tabela do módulo resumido .....	154
Figura 3.12: Tabelas para formação de grupos .....	157

Figura 3.13: Passos para desenvolver a AL .....	159
Figura 3.14: Tabela de listagem de grupos, módulos e máquinas .....	161
Figura 3.15: Lista de composição do grupo 1 .....	161
Figura 3.16: Lista de composição do grupo 2 .....	162
Figura 3.17: Número do fluxo entre os módulos do grupo 2 .....	162
Figura 3.18: Lista de composição do grupo 3 .....	163
Figura 3.19: Número do fluxo entre os módulos do grupo 3 .....	163
Figura 3.20: Lista de composição do grupo 4 .....	164
Figura 3.21: Número do fluxo entre os módulos do grupo 4 .....	164
Figura 3.22: Lista de composição do grupo 5 .....	164
Figura 3.23: Número do fluxo entre os módulos do grupo 5 .....	164
Figura 3.24: Lista de composição do grupo 6 .....	164
Figura 3.25: Número do fluxo entre os módulos do grupo 6 .....	164
Figura 3.26: Lista de composição do grupo 7 .....	165
Figura 3.27: Número do fluxo entre os módulos do grupo 7 .....	165
Figura 3.28: <i>Layout</i> atual da empresa pesquisada .....	167
Figura 3.29: Proposta do novo <i>layout</i> para a empresa pesquisada .....	168

## LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1.1 : Classificação de empresas segundo o SEBRAE .....	14
Tabela 1.2 : Glossário de termos .....	28
Tabela 1.3: Classificação de sistemas produtivos intermitentes .....	29
Tabela 1.4: Classificação dos sistemas produtivos através de critérios distintos.....	32
Tabela 1.5: Principais características de <i>layouts</i> .....	33
Tabela 1.6: Vantagens e desvantagens dos tipos básicos de <i>layouts</i> .....	34
Tabela 1.7: Relação entre os sistemas produtivos e os tipos básicos de <i>layouts</i> .....	35
Tabela 2.1: Grupos de indústrias pesquisadas .....	48
Tabela 2.2: Exemplos de usuários da T.G. ....	49
Tabela 2.3: A AFP no Reino Unido, Espanha e Noruega .....	51
Tabela 2.4: A AFP na Iugoslávia .....	52
Tabela 2.5: Síntese dos benefícios da T.G em outras áreas da indústria .....	56
Tabela 2.6: Favorecimento da T.G. na manufatura e no projeto de produtos .....	57
Tabela 2.7: Métodos básicos da T.G para formar famílias de peças .....	67
Tabela 2.8: Peças e máquinas antes do agrupamento .....	81
Tabela 2.9: Agrupamento de máquinas através da AFP .....	81
Tabela 2.10: Codificação de departamento .....	86
Tabela 2.11: Frequência de NFP .....	87
Tabela 2.12: Origem/Destino .....	89
Tabela 2.13: Tabela de frequência em ordem decrescente .....	91
Tabela 2.14: Fluxograma predominante .....	92
Tabela 2.15: Listagem de NFP's que não se enquadram no fluxograma predominante	94
Tabela 3.1: Dados gerais da empresa pesquisada .....	120
Tabela 3.2: Dados sobre os produtos da empresa .....	125
Tabela 3.3: Dados da porcentagem acumulada do faturamento .....	126
Tabela 3.4: Resumo dos dados .....	128
Tabela 3.5: Codificação do departamento .....	131
Tabela 3.6: Codificação das máquinas .....	132
Tabela 3.7: Codificação dos processos .....	132

Tabela 3.8: Codificação produto III .....	133
Tabela 3.9: Codificação do produto 605 .....	133
Tabela 3.10: Codificação do produto 606 .....	134
Tabela 3.11: Codificação do produto 700 .....	134
Tabela 3.12: Codificação do produto 208 .....	134
Tabela 3.13: Codificação do produto 200 .....	135
Tabela 3.14: Frequência de NFP .....	139
Tabela 3.15: Frequência de NFP em ordem decrescente .....	142
Tabela 3.16: Listagem de NFP's que não se enquadram no fluxograma predominante	144
Tabela 3.17 NFP's utilizados para simplificar o fluxograma predominante .....	145

## RESUMO

Neste trabalho, é apresentada uma adaptação da técnica Análise do Fluxo da Produção (AFP), para a realidade das pequenas e médias empresas (PME's) brasileiras. Tem como objetivo simplificar o fluxo de produção através da similaridade de peças nos processos produtivos.

A aplicação da AFP foi desenvolvida através de um estudo de caso realizado em uma pequena indústria do setor moveleiro, em Belo Horizonte, Minas Gerais. Foi obtido como resultado uma otimização do fluxo da produção.

Este método pode ser ideal para sistemas produtivos que operam com pequenos e médios lotes, no caso, para PME's. Além de ser considerado simples, de baixo custo, baixo risco, pode também ser implementado a curto prazo.

Palavras-chaves: Tecnologia de Grupo, Análise do Fluxo da Produção e Pequenas e Médias Empresas.

## ABSTRACT

This work presents an adaptation of the Production Flow Analysis technique (PFA). This method is suitable for Brazilian Small and Medium Size Companies. The goal is to simplify the production flow by means of a similarity of production process.

A case study was carried out in a small furniture industry in Belo Horizonte, Minas Gerais. The result obtained was the optimization of the production flow.

This method seems to be ideal for productive systems operating with small batches, in this case, for Small and Medium Size Companies. Moreover, it has low cost and low risk and can be quickly implemented.

Keywords: Group Technology, Production Flow Analysis and Small and Medium Size Companies.

## **Capítulo 1. - Introdução**

### **1.1. Objetivo do trabalho**

Este trabalho tem como objetivo simplificar e adaptar a técnica Análise do Fluxo da Produção (AFP) à realidade de pequenas e médias empresas (PME's) produtivas brasileiras; testar sua eficácia e aplicabilidade em uma pequena indústria do setor moveleiro, em Belo Horizonte, Minas Gerais, a fim de otimizar o fluxo de produção.

### **1.2. Justificativa do trabalho**

As pequenas e médias empresas (PME's), segundo MELLO (1996), são reconhecidas mundialmente pelo seu fundamental papel, tanto econômico quanto social. No Brasil, elas representam um universo de 4,5 milhões de estabelecimentos industriais, comerciais e de serviços, são responsáveis por 59% empregos formais, por 48% do total da produção nacional, cerca de 30% do Produto Interno Bruto (PIB) e 42% dos salários pagos. As micro e pequenas empresas ainda representam 95,62% do total das indústrias, segundo dados do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE (1994).

O setor de PME's é significativamente heterogêneo, inclui empresas que constituem a base de uma grande quantidade de sistemas de produção, nas áreas urbanas e rurais. Essas empresas variam, desde as que provêm serviços artesanais locais às que agem como subcontratantes ou fornecedoras de outras indústrias, ou ainda, às que produzem para os mercados finais nacional ou mesmo internacional. As tecnologias utilizadas variam das mais simples às mais complexas.

Mesmo sendo muito grande a contribuição das PME's para emprego, produção e o desenvolvimento regional, foi durante os últimos dez anos que este

setor passou a ter um papel crescente importante nas estratégias de industrialização dos países em desenvolvimento.

Assim, a reestruturação das PME's de bens de capital representa uma transformação fundamental na longa prática das indústrias de grande porte, uma vez que PME's eram consideradas meros coadjuvantes no caminho de se tornarem grandes produtores integrados. Esta transformação decorre da habilidade em responder flexivelmente a mudanças e a inovar, que é o novo papel chave da dinâmica de desenvolvimento de muitos sistemas de produção. A maior diversidade de demanda fornece-lhes oportunidade de operarem em mercados de produtos especializados e novos métodos organizacionais e tecnologias de produção permitem produzir eficientemente pequenas quantidades. Conseqüentemente, crescer em tamanho não é mais o único caminho para a competitividade e produção industrial, há uma tendência para que a organização de sistemas de produção incluam redes de estabelecimentos menores, simplificados e especializados que possam combinar eficiência, flexibilidade e inovação.

A maioria das PME's no Brasil e em outros países em desenvolvimento, ainda não alcançaram um pleno potencial. Pelo contrário, esta maioria têm ficado bem abaixo do potencial produtivo, competindo com pouca fatia do mercado, com custos altos, preços baixos e baixa qualidade, alcançando um lento crescimento nos níveis de qualidade e produtividade, além de serem forçadas a competir e operar em um restrito mercado doméstico, segundo MELLO (1996).

O que pode promover a elevação do nível de produtividade e de competitividade das PME's nacionais? Identificar os produtos-mercados lucrativos e em crescimento; identificar, avaliar, adquirir tecnologias, utilizar novas técnicas de produção e se adaptar às condições locais; adquirir uma abordagem de aprender-fazendo para usá-las eficientemente; e depois organizar num processo contínuo de tecnologias de processo e produto com base no melhoramento progressivo das habilidades da força de trabalho da empresa. Além disso, as funções de projeto e *marketing* devem ser simultaneamente desenvolvidas.

Na circunstância atual de competitividade e globalização é desejável uma evolução nas relações entre estratégias, sistema produtivo, capacitações tecnológicas e capacitações de RH (recursos humanos). Esta nova tendência tem valorizado a integração entre os segmentos de pesquisa e o setor produtivo, promovendo a detecção das reais necessidades destas empresas, uma vez que elas são os elos para o alcance da competitividade.

O ambiente interno das PME's brasileiras é muito pouco organizado e muitas vezes hostil, concentrado-se em métodos de produção e administração antiquados, onde há falta de habilidade técnica; ausência de um controle de qualidade de produtos e processos; ausência de padronização e normalização de matérias-primas, de componentes e de produtos finais. Detecta-se a necessidade de melhoria da comunicação no interior do sistema produtivo. Além disso, a maioria das empresas não utiliza serviços de assistência técnica disponíveis em instituições de pesquisa e empresas de consultoria, que visam a racionalização dos processos produtivos.

A modernização da indústria brasileira passa, sem dúvida, pela pequena e média empresa. É da competitividade dessas empresas que depende o êxito da cadeia produtiva. A competição, a nível global, tem exigido que cada empresa atue em focos e nichos específicos do mercado, buscando a valorização das suas competências básicas. Para isto, o IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) e o SEBRAE, além das universidades têm procurado desenvolver modelos e técnicas de produtividade e qualidade para a gestão de PME's.

As exposições dos produtos locais à concorrência internacional, como forma de introjetar dinamismo competitivo em nosso mercado e, além disso, coibir as práticas de altos preços é notoriamente positiva. Porém, nota-se que, principalmente, as nossas pequenas e médias empresas não encontram-se estruturadas para tal competição.

No atual cenário do setor, os fatores macroeconômicos têm reflexos negativos sobre o seu desempenho, assim como nos fatores estruturais. Além disso,

estes fatores influenciam sua competitividade, abrangendo aspectos gerenciais e tecnológicos.

No Brasil, nossas empresas têm escassa capacidade financeira e de recursos humanos, baixos volumes de produção em série, heterogeneidade tecnológica e pouco gasto com P & D (Pesquisa & Desenvolvimento), com isto, se pode medir os limites de ações estratégicas e competitivas das mesmas. Além disso, certifica-se que a P & D não é um atributo característico das nossas PME's. Elas estão carentes disto, além de defasagem tecnológica e de equipamentos obsoletos. Há a necessidade de aprender a aprender fazendo para sobreviverem.

No complexo moveleiro, setor específico deste trabalho, há necessidade de ocorrer uma reestruturação da planta industrial, adequadamente, como forma de aumentar sua eficiência e melhorar sua escala de produção. Um dos maiores obstáculos que impedem as PME's do setor a crescer / investir é a dificuldade em elevar as suas vendas a preço concorrencial. É fato notório que na grande maioria das PME's a virtual inexistência de uma contabilidade gerencial de custo é um dos maiores entraves ao aumento da produtividade e lucratividade.

Muitos países em desenvolvimento que ingressaram no mercado internacional, através dos segmentos de baixo preço e grande volume, conseguiram elevar a qualidade de seus produtos, via capacitação tecnológica e produtiva. Porém, são pré-requisitos para que estes objetivos sejam atingidos: a rapidez, a capacitação, a confiabilidade e a flexibilidade dos agentes envolvidos.

As PME's deste setor vêm sofrendo um verdadeiro "terremoto" em seus princípios de gestão. Percebe-se que o momento é crítico. Certifica-se, assim, que é necessário desenvolver mecanismos (métodos) coerentes de apoio técnico e gerencial para as PME's moveleira, a fim de viabilizar sua existência, seu desenvolvimento e sua competitividade, com efeitos simples, de curto prazo, de baixo custo e risco, por se tratar de um dos setores com maior peso na estrutura industrial do país.

O desenvolvimento competitivo para as PME's brasileiras não pode ser confinado a técnicas de manufatura obsoletas. Novos conceitos, já experimentados em outros países e até mesmo por poucas empresas nacionais, são indispensáveis nesse campo. O conhecimento e informações para as PME's devem ser vistos dentro do contexto de todo ambiente em que as empresas operam e como os empresários podem se desenvolver. O treinamento especializado para os gerentes e operários deve ser incluído para que esses profissionais tenham barganha para sustentar uma reestruturação a fim de beneficiar a sua competitividade.

Observa-se com muita frequência que o nível administrativo das PME's é bastante precário, demonstrando uma alta fragilidade estrutural. Em geral, essas empresas não possuem uma estrutura organizacional, por mais simples que seja, que delimite claramente os papéis de seus funcionários e os níveis de responsabilidades correspondentes. Os controles são difusos e quase sempre centralizados - conseqüentemente, as decisões são tomadas pelos dirigentes, sem a participação de importantes atores que atuam no processo. A falta de informação leva ao pressuposto de que as PME's, em sua grande parte, não adotam regularmente procedimentos, técnicas gerenciais e operacionais e que esta postura pode ser um fator restritivo ao seu desempenho e desenvolvimento.

O enfoque de cooperação entre governo, associações industriais, instituições financeiras e universidades deverá cada vez mais ser fortalecido a fim de capacitar nossas PME's a se adaptarem no mundo dinâmico, para que possam sobreviver, manter, desenvolver e/ou tornarem competitivas. A exemplo, a parte da pesquisa empírica, deste trabalho, é parte de uns dos resultados do projeto "Competitividade através da manufatura", do qual fiz parte, e foi desenvolvido através de uma parceria do Departamento de Produção da Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais - DEP/EE/UFMG com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais - SEBRAE/MG.

Desta forma, este trabalho visa contribuir para que as PME's produtivas, que operam com pequenos e médios em lotes, otimizem seus fluxos de produção, através da implementação da técnica Análise do Fluxo da Produção (AFP) no

sistema produtivo, para o alcance de benefícios como redução de estoques em processos, menor tempo de entrega dos produtos e produtos com preços mais competitivos.

Assim, esta dissertação propõe uma sistemática mudança no *layout* do chão-de-fábrica das PME's, com apoio da Tecnologia de Grupo (TG). Empresas de vários setores de outros países (Europa, Japão, etc.) utilizam a TG, desde a década de 70, visando obter melhores resultados na produtividade e em qualidade.

No Brasil, os estudos sobre a TG são escassos, bem como as indústrias que a implementaram. As principais universidades que desenvolvem pesquisas nesta área são a Universidade de São Carlos/SP, a Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Universidade Federal do Rio de Janeiro, além da maioria das empresas brasileiras que utilizam a TG se encontram em São Paulo.

A TG tem como objetivo identificar famílias de peças e máquinas com alto grau de similaridade (por produto ou processo), a fim de obter um melhor agrupamento das mesmas. Para isto, existem diversas técnicas de agrupamento nas mais diversas abordagens, como por exemplo, a AFP.

O método abordado nesta pesquisa é uma adaptação simplificada da técnica AFP para a realidade das PME's brasileiras. A AFP foi desenvolvida por John Leonard Burbidge, considerado como um dos autores mais respeitados nesta área. A implementação em PME's é mais adequada por ser simples, de baixo custo e risco; além de mais eficiente, porque estas empresas trabalham com pequenos e médios lotes e média variedade de produtos, geralmente.

### 1.3. Estruturação do trabalho

Um delineamento do trabalho é apresentado na figura (1.1). A dissertação está estruturada em 04 (quatro) capítulos.

Ainda neste capítulo, será apresentado, a metodologia de pesquisa utilizada e uma explanação sobre as PME's produtivas.

O capítulo posterior consiste em uma revisão bibliográfica sobre a Tecnologia de Grupo, visando a formação de famílias de peças através da similaridade do processo produtivo. É apresentado, também, o método de curva ABC e um sistema simples de codificação. Essa seção contém o embasamento teórico desse trabalho e é fundamentado em importantes estudos sobre o assunto.

O terceiro capítulo é o mais complexo deste trabalho. Nele é apresentado uma análise da empresa pesquisada, seus produtos fabricados de maior faturamento e codificações no processo produtivo. Além disso, é desenvolvida uma aplicação adaptada da técnica AFP para uma unidade produtiva da empresa em estudo. O resultado obtido é apresentado através da proposta de mudança do *layout* da fábrica.

A apresentação das principais conclusões, assim como, comentários sobre os principais fatores destacados na pesquisa são relatados no quarto capítulo, além da sugestão de novos trabalhos a serem desenvolvidos a partir desta dissertação, para que as PME's possam obter novos avanços em seu processo produtivo e melhores desempenhos.

Apresentam-se no final, os anexos e as referências bibliográficas.

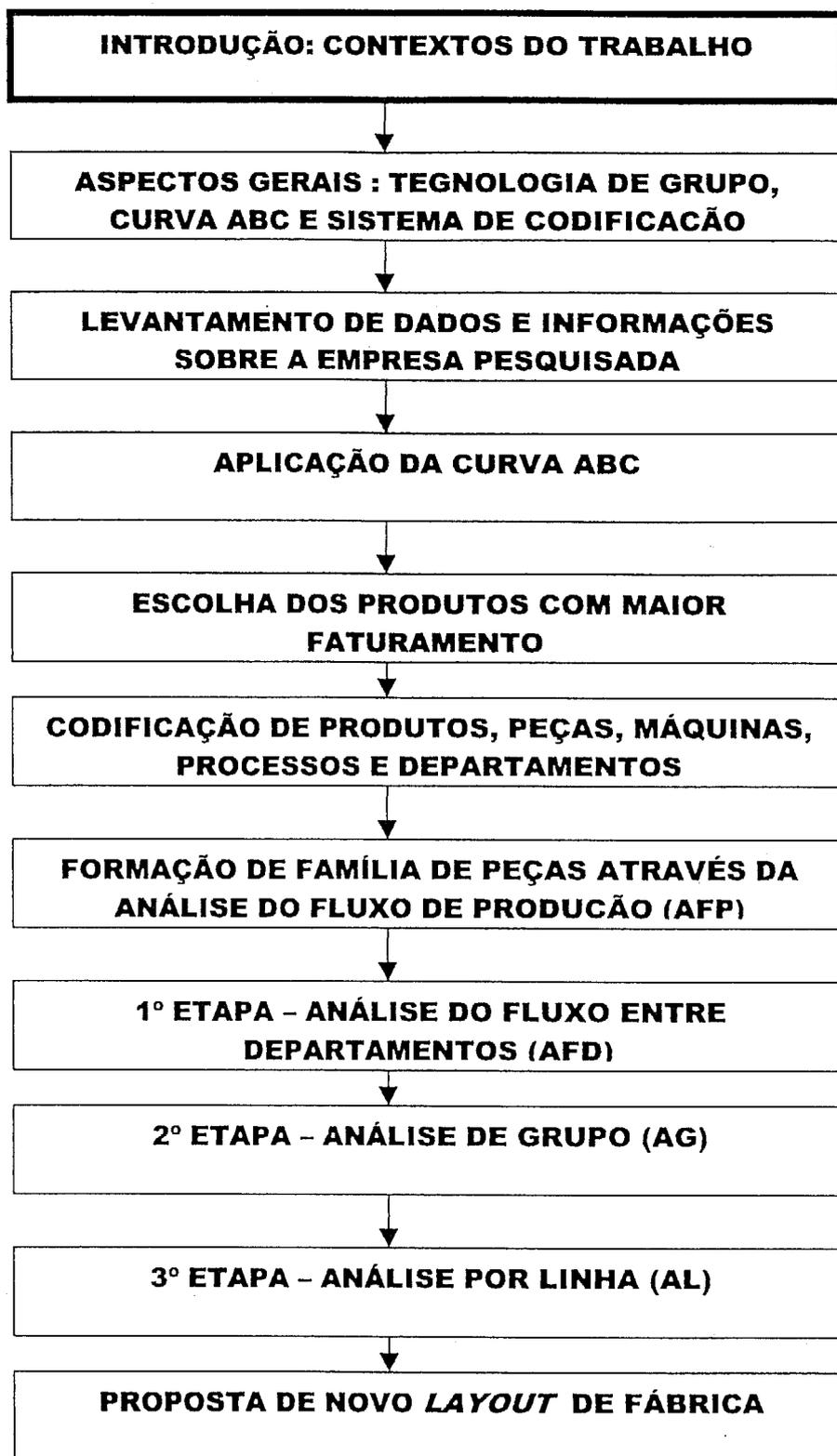


Figura 1.1.: Delineamento do trabalho

#### 1.4. Metodologia de pesquisa

A técnica de estudo de caso foi utilizada para o desenvolvimento deste trabalho e se caracteriza pela análise profunda de um objeto. Neste caso, uma simplificação do fluxo de produção, através do desenvolvimento da Análise do Fluxo da Produção (AFP), utilizada no capítulo 3, em uma unidade produtiva de aço de uma pequena empresa. Porém, uma comparação das três fases da AFP: Análise do Fluxo entre Departamentos, Análise de Grupo e Análise de Linha, torna-se necessária para se obter o resultado esperado.

Para GODOY (1995) "o estudo de caso tem se tornado a estratégia preferida quando pesquisadores procuram responder às questões "como" e "por quê" certos fenômenos ocorrem, quando há pouca possibilidade de controle sobre os eventos estudados e quando o foco de interesse é sobre fenômenos atuais, que só poderão ser analisados dentro de algum contexto de vida real".

Esta técnica de pesquisa é caracterizada pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira a permitir o seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos considerados.

O estudo de caso apresenta uma série de vantagens, o que faz com que ele se torne o delineamento mais adequado em várias situações. Ele, também, pode ser limitado, segundo GODOY (1995).

- Vantagens observadas:

a) O estímulo a novas descobertas: Em virtude da flexibilidade do planejamento do estudo de caso, o pesquisador, ao longo de seu processo, mantém-se atento a novas descobertas. É freqüente o pesquisador dispor de um plano inicial e, ao longo da pesquisa, ter o seu interesse despertado por outros aspectos que não havia previsto. Muitas vezes, o estudo desses aspectos torna-se mais relevante para a solução do problema frente aos considerados inicialmente.

b) A ênfase na totalidade: No estudo de caso, o pesquisador volta-se para a multiplicidade de dimensões de um problema focalizando-o como um todo.

c) A simplicidade dos procedimentos. Os relatórios de estudo de caso caracterizam-se pela utilização de uma linguagem e de uma forma mais acessível do que outros relatórios de pesquisa.

- Limitações do estudo de caso:

A mais grave limitação refere-se à dificuldade de generalização dos resultados obtidos. Pode ocorrer que a unidade escolhida para a investigação seja bastante anormal em relação às muitas de sua espécie.

Neste trabalho, nenhuma anormalidade foi diagnosticada. Assim, este estudo pode ser utilizado como um guia genérico capaz de auxiliar a otimização do processo produtivo em PME's. Porém, é importante que em cada caso específico sejam feitas adaptações convenientes à empresa.

Instrumentos de pesquisa utilizados para a coleta de dados:

1. Coleta documental: São utilizadas fontes de dados coletados, também, por outras pessoas constituindo-se de material já elaborado ou não.

Neste trabalho foi feito uma pesquisa bibliográfica, com levantamento de bibliografias já publicadas, em forma de livros, trabalhos científicos (artigos, dissertações e teses), revistas, relatórios e jornais. Já os dados e informações da indústria pesquisada foram coletados na própria empresa.

2. Observação: É utilizada na obtenção de determinados aspectos da realidade. Não consiste apenas em ver e ouvir, ocorre também em examinar os fatos que se deseja estudar, utilizando-se de instrumentos para o registros das informações desejadas. Ao aplicar a técnica de observação, o fato estudado é examinado sem interferências do pesquisador.

3. Entrevista: A técnica de conversação direta e informal é dirigida de maneira metódica, visando a compreensão da situação.

O tipo de entrevista aplicado, neste estudo, não é padronizado, perguntas curtas e rápidas são propostas (aos proprietários e aos funcionários) à medida que houver necessidade de maior compreensão do funcionamento do chão-de-fábrica. Além disso, é permitido a comparação de todas as respostas, caso haja mais de um entrevistado.

4. Questionário: É desenvolvido para conduzir as entrevistas futuras.

Foi aplicado a proprietários, como forma de selecionar a empresa para o estudo.

A empresa selecionada (X) atua no setor moveleiro sendo classificada, pelo SEBRAE (Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas), como pequena, por possuir 80 (oitenta) funcionários. Está localizada em Belo Horizonte/MG. Foi selecionada pela facilidade de acesso a dados e informações confiáveis, que foram utilizados em uma aplicação adaptada da técnica Análise do Fluxo de Produção (AFP), no capítulo 3, visando a simplificação do fluxo de produção em PME's.

A empresa, em estudo, fez parte do projeto "Competitividade através da manufatura", instruído pela equipe do DEP/EE/UFMG (Departamento de Engenharia da Produção, da Escola de Engenharia, da Universidade Federal de Minas Gerais), juntamente com o SEBRAE/MG, que ocorreu em meados de 1996 até julho de 1997. A seleção da organização para o desenvolvimento do projeto foi determinada pela equipe do DEP/EE/UFMG, enquanto que o SEBRAE/MG especificou o setor.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Em anexo (1) é apresentado o questionário utilizado para o processo seletivo das empresas a fazer parte do projeto.

Assim, o capítulo 3, deste trabalho, é parte de uns dos resultados do projeto citado. A equipe responsável pelo desenvolvimento e aplicabilidade da técnica AFP, na empresa pesquisada (X), era constituída por:

- três professores-consultores externos (sendo um deles o professor-orientador deste trabalho);
- um pesquisador de graduação e uma pesquisadora de pós-graduação (a autora deste trabalho), que eram responsáveis pelo desenvolvimento da AFP;
- um pesquisador de graduação, que era responsável pela elaboração da Curva ABC;
- um consultor do SEBRAE/MG; e
- um representante da empresa.

Após os professores-consultores e pesquisadores do DEP/EE/UFMG terem chegado a um consenso sobre o estudo a ser desenvolvido na empresa X, juntamente, com o SEBRAE/MG e seus proprietários, ficou definido que:

- a área de atuação do estudo seria no setor de aço, por apresentar maior faturamento;
- a missão e os parâmetros da pesquisa necessitavam ser divulgados, a fim de proporcionar conhecimentos e melhores desempenhos no setor.

Um dos proprietários foi responsável por apresentar dados e informações necessárias (confidenciais ou não) para o desenvolvimento da pesquisa. Além disso, sempre colocou-se à disposição e contribuiu significamente para o desempenho deste trabalho.

Os professores-consultores tinham a função de coordenar e orientar a pesquisa. Já os pesquisadores a função de coletar dados e informações da empresa X, além de estudar os temas dos quais eram responsáveis. Numa etapa

posterior., todos analisavam e estudavam os assuntos (a Curva ABC e a AFP) e, teoricamente, aplicavam em X.

O papel dos operários era apenas informar aos pesquisadores sobre as matérias-primas, produtos e fluxos de produção no chão-de-fábrica. Foi certificado que as informações dadas por eles eram semelhantes. Isto demonstra o grau de comunicação, relacionamento e habilidades técnicas existentes entre eles, membros de uma pequena empresa.

### **1.5. Contexto sobre as PME's produtivas**

O objetivo deste item é fazer uma abordagem de temas que estão interligados com o desempenho produtivo das PME's brasileiras, diretamente ou indiretamente:

- 1.5.1. o mercado e a competitividade;
- 1.5.2. a estratégia de manufatura;
- 1.5.3. a estrutura organizacional; e
- 1.5.4. formas básicas dos sistemas produtivos.

Porém, antes, são apresentadas definições, características e uma classificação de PME's.

Segundo JURAN (1992) empresa é uma organização produtora de bens ou serviços, que visa lucros ou não.

FILION (1990) reporta à primeira definição oficial e legal de pequena empresa nos Estados Unidos, que foi relatado pelo "Selective Service Act", em 1948, estabelecendo como seria uma pequena empresa:

- que não tenha posição dominante no mercado ao qual está inserida;
- que o seu quadro de pessoal não ultrapasse o número de 500 funcionários; e

- que seja gerenciada e operada pelos próprios proprietários, independentemente de outras grandes empresas ou de grupos financeiros.

PINHEIRO (1996) considera que as características das PME's estão condicionadas aos seguintes aspectos:

- "a empresa é de propriedade de um indivíduo ou pequeno grupo de pessoas;
- ela é administrada pelo(s) proprietário(s) de forma independente e mesmo quando profissionalizada, este(s) se conserva(m) como o principal centro de decisões;
- o seu capital é financiado, basicamente, pelo(s) proprietário(s);
- tem uma área de operações limitada, geralmente, à da sua localização ou quando muito, à região onde está situada;
- a sua atividade produtiva não ocupa uma posição de destaque ou predominância em relação ao mercado".

O SEBRAE considera a classificação das empresas, conforme é mostrado na tabela (1.1.):

Classificação das empresas pelo SEBRAE		
PORTE	INDÚSTRIA	COMÉRCIO/SERVIÇOS
Microempresa	Faturamento anual de	96.000 UFIRs
Pequena Empresa	20 a 99 empregados	10 a 49 empregados
Média Empresa	100 a 499 empregados	50 a 99 empregados
Grande Empresa	Acima de 500 empregados	Acima de 100 empregados

Tabela 1.1. Classificação das Empresas segundo o SEBRAE

Fonte: MELLO (1996)

Neste trabalho, foi adotado a classificação do SEBRAE. Existem órgãos que classificam as empresas de formas semelhantes, em relação ao porte. Porém, os critérios de classificação tentam ser flexíveis e de cunho prático.

### 1.5.1. O mercado e a competitividade

PINHEIRO (1996) relata que as economias de mercado se fundamentam no princípio da competição induzido pela configuração das modernas estruturas produtivas. Porém, a partir da década de 80, muitos países desenvolvidos e em desenvolvimento despertaram sobre a importância do papel das PME's nas economias modernas.

No Brasil, com a criação do SEBRAE, as políticas de fomento e desenvolvimento das pequenas empresas ativaram-se a nível nacional, regional e local nos últimos anos.

PINHEIRO (1996) considera que competitividade é a capacidade que uma empresa desenvolve para disputar preferência com outras empresas concorrentes numa determinada situação de mercado, podendo igualar-se ou exceder em relação aos rivais.

DAHAB *et al.* (1995) relatam que a competitividade significa "aptidão de uma empresa em manter ou aumentar seus lucros e sua participação no mercado. Para isto, ela precisa saber aproveitar sua capacitação e as vantagens competitivas adquiridas ao longo do tempo".

Os desempenhos dos sistemas produtivos das PME's estão diretamente ligados à competitividade da empresa pois, através deles, são gerados os produtos que irão atender às expectativas da indústria na conquista de maiores fatias de mercado.

Assim, estas empresas devem buscar elevar o nível de eficiência através de uma interação planejada de vários departamentos da indústria, a fim de enfrentar os concorrentes. Ou seja, melhorar seus sistemas produtivos visando rapidez na resposta dos pedidos, reduzir os custos, melhorar a qualidade dos produtos, ter capacidade de diferenciação e oferecer novos produtos.

Desta forma, hoje torna-se inevitável para obtenção da eficácia dos resultados empresariais a introdução de melhoramentos contínuos.

PORTER (1992) considera que as condições competitivas a nível macro são compreendidas pelas seguintes forças:

1. Condições dos fatores: disponibilidade de capital, mão-de-obra, recursos naturais, insumos e infra-estrutura;
2. Condições de demanda: estrutura do mercado e o grau de exigência dos compradores;
3. Indústrias correlatas: incluindo o fornecimento de equipamentos
4. Ambiente empresarial: destacando o grau de rivalidade entre as empresas que operam no mesmo ramo de atividade.

O desempenho das PME's influi sobre a competitividade a nível industrial e nacional, ao mesmo tempo em que o ambiente em que estas empresas operam, dado as condições macroeconômicas e institucionais, afeta o seu desempenho.

Portanto, os empresários das PME's, praticamente não podem intervir sobre a realidade econômica brasileira e, isoladamente, pouco podem fazer para melhorar a estrutura do segmento em que atuam.

Resta às PME's utilizar informações disponíveis a fim de avaliar os fatores macroeconômicos e construir estratégias para amenizar o impacto das questões anteriores.

Assim, quanto maior for o esforço da PME a fim de capacitar-se e acumular conhecimentos, maior será a habilidade para adaptar-se às novas condições impostas pelo mercado em contínua transformação.

### 1.5.2. Estratégia de manufatura<sup>2</sup>

Diante do atual cenário, é necessário que as PME's tenham um aprendizado permanente. Sobreviverão as PME's que apresentarem a melhor gestão, forem absorvedoras de informações e souberem aplicá-las. Mas antes disto, os dirigentes têm que pensar estrategicamente, ter conhecimento do ambiente externo e interno para atuar conscientemente nos objetivos e metas bem definidos da empresa em geral e da produção.

Os dirigentes das PME's devem ter em mente: O que será produzido? Como será produzido? Quando será produzido? Quanto será produzido? Para quem será produzido? Por que será produzido? Por quem será produzido? Onde será produzido?

Cabe à alta administração, juntamente com o pessoal de linha (produção), consenso para conduzir a empresa a um futuro lucrativo, ou seja, desenvolver todo o processo de planejamento, definindo a missão, as políticas e estratégias da empresa para facilitar o trabalho das unidades produtivas na preparação de seus planos de negócios específicos, visando sempre o mercado concorrente.

Dentre as diversas definições encontradas sobre estratégia de manufatura, têm-se:

- *“Uma estratégia da manufatura é um conjunto de planos e políticas através dos quais a companhia objetiva obter vantagens sobre seus competidores e inclui planos para a produção e venda de produtos para um particular conjunto de consumidores”.* (SKINNER, 1969);
- *“Uma estratégia da manufatura consiste num padrão de decisão nas principais áreas de operações da manufatura”.* (WHEELWRIGHT, S. & HAYES, R. H., 1984) e

---

<sup>2</sup>SILVEIRA (1996), relata uma metodologia para formular um planejamento estratégico da manufatura para PME's.

- *“Uma estratégia da manufatura envolve o desenvolvimento e desdobramento dos recursos da manufatura em total alinhamento com os objetivos e estratégias da empresa”.* (SWAMIDASS, 1986).

Implementar uma estratégia de produção torna-se, às vezes, complexo pois, é vital saber exatamente o que mudar numa companhia. O processo pode apresentar-se difícil e desafiador, dependendo de cada caso específico. Mas, é importante que qualquer tipo de organização esteja sempre com a mente aberta para com o que ocorre no mundo. É fundamental criar habilidades e se capacitar para sobreviver, manter ou crescer no mercado. E isto necessariamente, já é uma estratégia para se obter vantagem competitiva nos negócios.

WHEELWRIGHT e HAYES (1985) desenvolveram um referencial teórico de estratégia de produção com classificações das organizações de manufatura em quatro diferentes estágios, em relação à utilização de seu sistema produtivo: Estágio 1 - internamente neutra, onde a empresa minimiza o potencial negativo de sua produção. Estágio 2 - externamente neutra, onde a organização busca alcançar paridade (neutralidade) com seus competidores, não deixando-os ganharem muitas vantagens em relação à empresa. Estágio 3 - internamente competitiva, onde a indústria procura prover suporte real para a estratégia de negócio, para isto, todas as outras áreas da empresa devem estar abertas para inovações nos produtos a partir das necessidades do mercado. Finalmente, o Estágio 4 - externamente competitiva (Empresa Classe Universal), onde a empresa busca vantagem competitiva baseada na produção, procurando definir novos padrões de qualidade para a indústria e para seus competidores. Este último estágio porém, apresenta-se como o mais complexo, onde as transições e as operações deverão ser pró-ativas ao planejamento estratégico.

Nota-se que o foco, em todos os estágios acima, está na evolução do sistema produtivo da empresa, uma vez que é uma grande arma competitiva.

Assim, as empresas estão procurando se reorganizar para alcançar objetivos que irão alavancar seus negócios. Mas, além disso, segundo STREBEL (1993) nem sempre as organizações estão capacitadas e engajadas para mudar ou criar mudanças, pois elas têm dificuldades em romper barreiras. Muitas empresas líderes ou excelentes tiveram um mergulho final por não considerar que as mudanças são repentinas nas condições de mercado.

A questão fundamental de qualquer empresa é a sua sobrevivência, o lucro e a garantia deste face a concorrência. Mas, diante deste nosso cenário industrial, as empresas também dependem da sua capacidade de adaptação, devendo apresentar características de flexibilidade, ou seja, habilidade de mudanças e respostas às pressões dos competidores, tendo agilidade e foco no mercado. Segundo PORTER (1989) é necessário buscar a todo o tempo uma posição competitiva favorável, ou seja, lucrativa e sustentável.

Assim, o autor considera que a vantagem competitiva tem sua origem na "habilidade" da empresa, na arquitetura de seu sistema produtivo, decorrente da forma de como são realizadas e integradas nos processos do sistema produtivo, com o objetivo de produzir bens ou serviços que têm valor para o consumidor, ou seja, é necessário o desenvolvimento de estratégias básicas que possam ser utilizadas separadamente ou em conjunto, de forma dinâmica, como por exemplo, baixos preços ou diferenciação (marca, *design*, qualidade, etc.).

Nota-se uma mudança radical e repentina nos negócios, provocando o atropelo dos padrões e previsões fracassadas, como pode ser visto nas cinco forças que regem a concorrência, desenvolvidas por PORTER (1986).

como por exemplo:

1. Ameaças de novos concorrentes;
2. Poder de barganha dos fornecedores;
3. Poder de barganha dos compradores;
4. Ameaça de substituição de produtos/serviços;
5. Rivalidades entre os concorrentes.

Reconhecer e gerenciar essas mudanças (ou cinco forças competitivas) é uma tarefa complexa. Mas, é necessário que ela ocorra para que as empresas brasileiras possam enfrentar à concorrência, principalmente, diante da globalização, com entrada de produtos com baixos preços ou de alta qualidade. Porém, cabe a cada empresa refletir e diagnosticar, a partir de sua realidade atual, quais as alternativas gestonárias que podem ser alcançadas imediatamente ou por meio intermediário, a fim da viabilização do desenvolvimento de uma estratégia competitiva.

Segundo STREBEL (1993) empresas sensíveis a mudanças potenciais no ambiente estão bem mais posicionadas para ativar mudanças competitivas por possuírem protótipos de novos produtos de reserva, uma estrutura de custos em contínuo aperfeiçoamento e uma organização flexível. O desenvolvimento dessas mudanças devem ser graduais e profundas no comportamento organizacional. Deve existir também, a ocorrência de repetidos ciclos de aprendizagem, mesmo que certas organizações levem vários anos.

O sistema produtivo de uma organização deve ter habilidade de: - ser eficaz: os fins tem que ser coerentes com os objetivos da empresa; - ser focalizado: simplicidade, repetições, experiências e homogeneidade das forças competitivas devem ser buscadas; - ser integrada: o processo produtivo deve ser orientado por produto podendo existir fábrica dentro de fábrica. Assim, os proprietários precisam portanto de criar pontos de mudanças desenvolvendo as habilidades da organização.

SLACK (1993) aponta cinco objetivos de *performances* da manufatura:

1. Qualidade (fazer certo).
2. Confiabilidade (fazer pontualmente).
3. Velocidade (fazer rápido).
4. Flexibilidade (facilidade e velocidade em mudar).
5. Custo (fazer barato).

Neste momento, tem como objetivo apresentá-los e relatar que é necessário gerenciar estes recursos de forma sinérgica para a obtenção de vantagens competitivas. Porém, é muito difícil, ou quase impossível, uma empresa competir utilizando todos os objetivos de *performances*, simultaneamente.

Uma organização, em fase de mudanças, necessita analisar que processos estão sendo propostos e adotados para realizá-las, segundo o autor acima. Estes processos respondem à necessidade ou desejo das empresas de implementar mudanças planejadas ou alocar recursos para solucionar questões estratégicas de natureza ambiental, estrutural, produtiva, de recursos humanos ou tecnológica. A dificuldade, notada, é tanto ou mais implementar as estratégias de mudança que desenvolvê-las.

O gerenciamento da produção se tornou uma operação de aprendizagem, trabalhando com tempos através de limites tradicionais. As PME's estão de frente com ameaças e oportunidades. Em geral, para que elas possam encontrar demandas competitivas é importante respostas mais rápidas para atender o mercado.

Assim, é necessário que os proprietários das PME's estejam envolvidos no processo de mudanças organizacionais e no desenvolvimento de estratégias competitivas<sup>3</sup>. É importante o levantamento de perguntas sobre os conceitos vigentes da empresa para que possam criar e desenvolver habilidades e, principalmente, buscar novas estratégias de manufatura para garantir a sobrevivência da organização, no atual cenário competitivo.

A estratégia de manufatura proporciona grandes benefícios, mas é importante saber o impacto, em geral, no desempenho dos negócios. O sistema produtivo deve primar pela adequação dos problemas que fluírem, além de detectá-los

---

<sup>3</sup> Estratégia competitiva é “ um padrão de decisões, coerente e unificador, que determina os propósitos da organização em termos de objetivos de longo prazo, permitindo uma melhor alocação de recursos, face às oportunidades e ameaças do ambiente”, segundo SILVEIRA (1996).

rapidamente. Porém, é necessária uma estratégia de manufatura clara antes de qualquer mudança no processo produtivo.

### 1.5.3. Estrutura organizacional

Estrutura é palavra originária do latim, *struere*, e significa construir. Uma empresa ou organização, apesar de ser uma unidade, é formada por sub-partes com responsabilidades, funções, grupos de trabalho e departamentos especializados. A estrutura é, então, a arquitetura<sup>4</sup> de uma firma e também o modo particular de trabalho.

Os requisitos necessários à distinção das pequenas empresas são: a variação de tamanho, o setor de atividade/produto, o mercado e o grau de desenvolvimento em que se encontra, definindo-se então como micro, pequena ou média empresa.

A estrutura é criada para permitir o funcionamento dos departamentos com certa previsibilidade. Ela necessita ser flexível, capaz de rever-se e recriar-se, permitindo novas configurações, promovendo modificações continuamente, sem comprometer seus resultados ou sem se destruir. Através do dinamismo interno, a empresa mantém o funcionamento e os espaços de atuação no ambiente externo. A relação com estes fatores situacionais (contingências) que proporcionará a obtenção de sua própria identidade.

Quais os benefícios de uma boa estrutura organizacional? Uma boa estrutura permite o funcionamento da organização através da especialização de atividades, simplificação de tarefas, agrupamento de operários para atingir objetivos, mecanismos de coordenação, propiciando canais de comunicações e estímulo de interação entre os funcionários.

---

<sup>4</sup> Segundo NADLER (1994) entende-se como arquitetura uma visão mais abrangente da estrutura formal, o projeto de trabalho, coordenação do trabalho, processos de seleção, socialização e desenvolvimento pessoal. A arquitetura organizacional pode ser uma fonte de vantagem competitiva, na medida em que há motivação, facilitação ou capacitação das pessoas e grupos a interagir com mais eficiência com clientes, trabalho e entre si mesmos.

Atualmente, a tendência é que firmas criem estruturas simples e horizontais, com poucos níveis hierárquicos e que sejam baseadas em processos ou “negócios”. Uma estrutura flexível é um dos meios mais importantes para a solução de problemas organizacionais.

A PME, principalmente a pequena, geralmente, é dirigida por um único tomador de decisões, que muitas das vezes não aceita oposições. Assim, um dos mais graves sistemas de comunicação é encontrado neste tipo de empresa. Além disso, pode-se encontrar uma maior desorganização, onde os funcionários ocupam várias funções, não sabendo precisamente o que deveria estar executando.

Desta forma, sugere-se que a cúpula administrativa destas empresas faça uma reflexão e análise a fim de planejar as necessidades da firma. Perguntas deverão ser consideradas, como por exemplo: Qual é, e qual será o nosso negócio? Daqui a cinco anos, qual a perspectiva de posição no mercado? Como estará configurada a estrutura? Estas e outras perguntas deverão ser levantadas e objetivos deverão ser fixados em todas as áreas-chave, além de uma avaliação dos resultados anuais.

A estrutura organizacional é um meio indispensável, onde os administradores necessitam montá-la de modo a possibilitar a consecução de objetivos para daqui a cinco, dez, vinte anos no futuro.

Por menor e mais simples que seja a empresa, não se pode negligenciar estas questões, uma vez que elas podem revelar qual a estrutura necessária à organização. Uma estrutura inadequada causará sérios prejuízos a sua *performance*, podendo levá-la ao fechamento.

Mas, como são estruturadas as PME's manufatureiras altamente competitivas? Segundo ROMMEL *et al* (1995) as PME's com alta capacidade competitiva têm como característica mais importante a focalização de sua produção numa faixa de produtos bem definida a seus principais clientes. Sendo assim, estas

empresas buscam a simplificação dos processos e concentração de seus esforços no desenvolvimento de produtos solicitados por estes clientes. Desta forma, estas organizações com linha de produtos limitadas, possuem melhores desempenhos que as que ampliam sua faixa de produtos.

Porém, se a empresa concentra esforços numa faixa de produtos bem definida e limitada, não significa dizer que ela trabalha com pequenas variedades de produtos. Ao contrário, que ela tem a focalização em fabricar produtos, conforme as suas principais demandas.

O mesmo autor relata que é possível uma empresa trabalhar com uma faixa de produtos limitada e ainda poder oferecer alta variedade de produtos aos seus principais clientes. Para isto é necessário:

- i) utilizar projetos modulares na criação de "novos" produtos, a partir do mesmo produto básico;
- ii) modificar produtos padrões em soluções "sob medida" para clientes;
- iii) simplificar o gerenciamento e o fluxo de operações.

Além disso, é necessária a formulação de princípios de gestão para o aproveitamento do potencial da organização presente na diversidade de parâmetros para delinear (projetar, desenhar) a estrutura organizacional.

Estrutura organizacional significa fazer adaptações que influenciam a divisão do trabalho e seus mecanismos de coordenação<sup>5</sup>.

Na proporção em que a empresa cresce, torna-se mais complexo a coordenação informal. Sendo assim, as organizações buscam seguir a seqüência de coordenação, na medida em que haja um acréscimo de operários.

---

<sup>5</sup> Segundo MINTZBERG (1995) existem cinco mecanismos de coordenação: ajustamento mútuo entre os operários; supervisão direta; padronização por habilidades, onde as tarefas realmente são complexas; padronização do processo de trabalho, onde as tarefas são simples, rotineiras e programadas; e padronização de saídas, onde as operações são mais complexas.

As PME's utilizam o controle ao longo da cadeia hierárquica, geralmente, somente na pessoa do proprietário. Mas, para alcance de maiores desempenhos e melhores posições competitivas, tem-se notado a busca de novos mecanismos de coordenação, baseados na aplicação de regras e procedimentos.

O delineamento da estrutura organizacional de PME's demonstra não ser muito freqüente. O que se tem verificado no seu dia-a-dia é a busca de "apagar incêndios", sem perda de tempo para regulamentação de seu desempenho. Além disso, elas têm como características principais reduzidos níveis hierárquicos e muito poucas atividades de apoio. Isto proporciona estruturas mais centralizadas nos proprietários, que dificilmente dispõem de tempo para executarem planos de longo prazo, por ter uma amplitude de controle em suas mãos.

Embora pareça que a centralização em certos aspectos é favorável para as PME's, pois permite que elas tenham uma alta flexibilidade de resposta, já que seu processo decisório é mais dinâmico, segundo SILVEIRA (1996).

Estas empresas têm outras características:

- i) sistemas informais de controle – em geral, as posições de gerenciamento são exercidas por parentes e existe uma maior aproximação entre os operários e suas tarefas;
- ii) controle limitado do ambiente - as empresas que ainda **estão** pequenas tentam sobreviver em um ambiente extremamente dinâmico, onde sofrem constantes ameaças do mercado concorrente. Torna-se difícil, portando, o acesso às vantagens competitivas, em possíveis oportunidades advindas dos concorrentes. Desta forma, a estruturação organizacional da PME é essencial para adequação às constantes mudanças através da flexibilidade na produção. Porém, mesmo com a obtenção de informações externas e de planos de contingência, é complexa a alteração da natureza destas empresas

que estão pequenas porque elas não conseguem afetar os seus ambientes. Sendo assim, elas procuram se ajustar continuamente às mudanças para sobrevivência no mercado.

Por outro lado, quando as empresas **são** pequenas e não podem crescer, por atuarem em segmentos fragmentados<sup>6</sup>, não existe uma empresa líder, que possa influenciar todo o mercado, causando mudanças bruscas na competição, o que se cria é uma multidão de empresas seguidoras;

- iii) tecnologia de processo limitada - ou seja, os instrumentos utilizados no núcleo operacional para transformar as entradas em saídas, são geralmente de difícil aquisição em função da capacidade limitada de capital de giro das empresas e pela dificuldade na obtenção de capital;
- iv) falta de potencial para desenvolvimento de mão-de-obra - a maior parte dos operários são treinados no trabalho;

A idade e dimensão das unidades da empresa causam efeitos sobre sua estrutura organizacional. Estes fatos podem ser melhor compreendidos quando vemos os estágios de desenvolvimentos de uma pequena empresa para de médio porte<sup>7</sup> e, seqüencialmente e às vezes, para grande porte.

Na medida em que a organização vai atingindo sua maturidade e seu trabalho vai se repetindo torna-se necessário a busca da eficácia através da formalização do comportamento, para que seja melhor estruturada. Assim, o autor

---

<sup>6</sup> Segmentos fragmentados. Segundo SILVEIRA (1996) e baseado em PORTER (1986) pode definir uma indústria (mercado onde os produtos similares são vendidos para um grupo de compradores) como sendo fragmentada quando: as barreiras de entrada na indústria são pouco significativas, levando assim, o surgimento de muitas pequenas empresas; ausência de economia de escala ou de curvas de experiência; e enorme poder de barganha dos fornecedores e/ou compradores, fazendo com que não exista vantagem de uma empresa maior sobre uma menor.

<sup>7</sup> Segundo o SEBRAE, as pequenas empresas possuem de 20 a 99 funcionários, as médias 100 a 499 e as grandes mais de 500.

relata que quanto maior a idade da empresa, mais formalizado será seu comportamento.

SILVEIRA (1996) baseando-se no trabalho de Stinchcombe (1965), encontrou que a estrutura da empresa reflete a época da criação de seu ramo industrial. Ou seja, existe uma relação entre a idade do ramo da organização e sua especialização do trabalho, bem como suas posições de assessoria de pessoal treinado.

A maioria das PME's possuem estruturas reduzidas, com unidades menos diferenciadas e com menores níveis de coordenação. Normalmente, muitas das vezes, a coordenação é feita de maneira informal, através de uma supervisão direta, do próprio proprietário, e além disso, com a existência de um ajustamento mútuo entre operários.

É importante citar que uma boa estrutura organizacional não garante um bom desempenho. Mas, uma estrutura correta (adequada) é um alicerce fundamental para qualquer tipo de empresa estar em condições de funcionar.

#### **1.5.4. Formas básicas dos sistemas produtivos**

O objetivo desta seção é apresentar alguns tipos de sistemas produtivos básicos para as PME's produtivas e relacioná-los com arranjos físicos (*layouts*).

Porém, antes, são explanados alguns termos utilizados neste trabalho, conforme tabela (1.2.):

Termo	Significado
Sistema Produtivo	Processo de transformar recursos de entradas ( <i>inputs</i> ) em saídas ( <i>outputs</i> ). Entende-se como recursos de entradas: materiais, mão-de-obra, máquinas, instalações, energia, informação, tecnologia, etc. Como recursos de saídas: produtos.
Processo	Estágios pelos quais as matérias-primas se fluem até se tornarem um produto acabado, ou ainda, o fluxo de materiais de um operário para o outro.
Operação	Ação ou tratamento específico de um operário em diferentes máquinas ou produtos.
Tarefa	Conjunto ou seqüência de operações.
<i>Layout</i>	Ordenamento de todos os elementos físicos de uma unidade produtiva. Tem forte influência na eficiência dos fluxos de trabalho no chão-de-fábrica. Conhecido também como arranjo físico.

Tabela 1.2.: Glossário de termos

Segundo PIRES (1989), os sistemas produtivos têm sido classificados de diversas formas e sob diversos parâmetros. O autor classifica-os com base no volume produtivo, através de dois grandes grupos:

1. produção contínua: Por exemplo, indústria química e automobilística.

2. produção intermitente (tabela 1.3.): Por exemplo, indústria eletromecânica

2.1. Produção em massa - peças/produtos padronizados.

2.2. Produção em lotes (*batch flow*) - podem ser classificados em pequenos, médios e grandes. Não existe um critério genérico de classificação quanto ao tamanho do lotes. Por exemplo, indústrias de autopeças.

2.3. Produção individual. (*job shop*) - grandes projetos, a citar a construção de navios.

Produção Individual	Produção em lotes			Produção em massa
	pequenos	médios	grandes	

> Qtde.

produzida

Tabela 1.3.:Classificação de S. P. Intermitentes

Fonte: PIRES (1989)

PIRES (1994) apresenta a classificação de BUFLA & SARIN (1987), que basearam na tecnologia de produção empregada, ou seja, por produto ou processo:

1. *Sistemas focalizados no produto*: sistemas produtivos que possuem a capacidade de produzir produtos padronizados em grandes volumes. Apresentam *layout* por produto/em linha. Têm como característica alta produtividade e são muito utilizados em indústrias automobilística e de eletrodomésticos.
2. *Sistemas focalizados no processo*: sistemas produtivos que têm a capacidade de produzir conforme as especificações do cliente. Apresentam tradicionalmente, *layouts* por processo (ou funcional), formando um agrupamento de máquinas com funções e cargas similares. Por exemplo, grupo de máquinas de prensa.

Além disso, PIRES (1994), também comenta a classificação de BURBIDGE (1990), do qual utiliza dois critérios distintos: 1 - De acordo com a variedade de materiais e produtos e 2 - De acordo com a tecnologia de produção empregada.

1- Classificação de acordo com a variedade de materiais e produtos:

1. *Processo*: converte uma pequena variedade de materiais (VM) em uma pequena quantidade de produtos (QP). Usando uma pequena quantidade de processos em uma seqüência comum, normalmente.
2. *Implosivo*: converte uma pequena variedade de materiais em uma grande quantidade de diferentes produtos.
3. *Quadrado*: converte uma grande variedade de materiais em uma grande variedade de produtos (VP).
4. *Explosivo*: converte uma grande variedade de materiais em uma pequena variedade de produtos.

## 2 - Classificação de acordo com a tecnologia de produção empregada:

1. "*Jobbing*": nestes sistemas produtivos fabricam-se produtos especiais, em lotes ou quantidades únicas. Além disso, os produtos podem ser produzidos novamente, porém, não tem como prever quando será feito um novo pedido. (Sob encomenda);
2. "*Batch*": os produtos fabricados são repetidos de forma intermitente e em lotes. Assim, diferentes peças e produtos podem ser produzidos ao mesmo tempo, dividindo as máquinas e instalações. (por processo ou funcional).
3. *Contínua*: nestes sistemas produtivos fabricam-se produtos de forma contínua. As máquinas e instalações são projetadas em linhas, na mesma seqüência em que são usadas, proporcionando um fluxo contínuo de materiais entre as máquinas. (em linha).

O autor relata ainda que BURBIDGE (1990) esboça uma tabela (1.4.) combinando os dois critérios de classificação acima:

Sistema produtivo	Processo	Implosivo	Quadrado	Explosivo
<b>"Jobbing"</b>		Fundição e Cerâmica	Sistemas de aquecimento e de Raio X	Produção de navios e Engenharia Civil
<b>"Batch"</b>	Tijolos	Fundição, Cerâmica e Vidros	Tintura e Têxtil	Máquinas ferramentais, Tecelagem e Compressores
<b>Contínuo</b>	Cimento, Açúcar e Químicos			Carros, Tratores e Televisores

Tabela 1.4.: Classificação dos sistemas produtivos através de critérios distintos.

Fonte: PIRES (1994)

Na tabela (1.5.) são relatadas as principais características de *layouts*:

<b>Layout</b> <b>Características</b>	<b>Por processo</b> <b>(ou funcional)</b>	<b>Em linha (por</b> <b>produto)</b>	<b>Posição fixa e</b> <b>Sob</b> <b>Encomenda</b>	<b>Por grupo</b> <b>(célula)</b>
Tipos de máquinas	cada seção possui um tipo específico	específicas (automáticas)	propósitos gerais	grupos de máquinas de diferentes tipos de forma
Tempos de preparação de máquinas	longos, variáveis	longos	variáveis	reduzidos
Mão-de-obra	especializada	pouco especializada	especializada	multifuncional
Inventários	grandes e com grandes diversificação	grandes, tendendo a ser reduzido com a implantação do <i>Just-in-time</i>	variáveis	reduzidos
Tamanho dos lotes	pequenos para médios	grandes	pequenos e/ou sob encomenda	diversificados
Ciclos de fabricação	longos e variados	pequenos e constantes	longos e variados	pequenos
Prejuízo com as quebras de máquinas	variáveis	grandes	variáveis	grandes
Planejamento e Controle da Produção	complexos	simplificados	variáveis	simplificados
Produtividade	baixa	alta, dependendo da velocidade da linha	variável	alta
Flexibilidade	alta	baixa	variável	alta

Tabela 1.5.: Principais características de *layouts*

Fonte: Adaptação de PIRES (1989)

SLACK *et al.* (1997) demonstram na tabela (1.6.) as vantagens e desvantagens dos tipos básicos de *layouts*:

<b>Layouts</b>	<b>Vantagens</b>	<b>Desvantagens</b>
<b>Posição fixa ou Sob Encomenda</b>	Flexibilidade de mix e de produto muito alta. Produto não é movido. Alta variedade de tarefas.	Custos unitários muito altos. Programação de espaço ou atividade pode ser complexa. Pode significar muita movimentação de equipamentos e mão-de-obra.
<b>Processo (ou funcional)</b>	Alta flexibilidade de mix e de produto. Relativamente robusto em caso de interrupção de etapas. Supervisão de equipamentos e instalações relativamente fácil.	Baixa utilização de recursos. Pode ter alto estoque em processo ou filas de pedidos de clientes. O fluxo de produção é complexo, pode ser difícil de controlar.
<b>Grupo (Célula)</b>	Pode dar um bom resultado entre custo e flexibilidade para operações com variedade relativamente alta. Fluxo de produção rápido. Trabalho em equipe pode resultar em melhor motivação.	Pode ser caro reconfigurar o <i>layout</i> atual. Pode requerer capacidade adicional. Pode reduzir níveis de utilização de recursos.
<b>Linha (por produto)</b>	Baixos custos unitários para altos volumes. Dá oportunidade para a especificação de equipamentos. Movimentação de materiais conveniente.	Pode ter baixa flexibilidade de mix. Não é muito robusto contra interrupções. Trabalho pode ser repetitivo.

Tabela 1.6.: Vantagens e desvantagens dos tipos básicos de *layouts*

Fonte: SLACK *et al.* (1997)

Além disso, na tabela (1.7.), SLACK *et al* (1997) fazem uma relação entre os tipos de sistemas produtivos e os tipos básicos de *layout*.

<b>Tipos de sistemas produtivos</b>	<b>Tipos básicos de <i>layouts</i></b>
<b>Processo por projeto</b>	Posicional (fixo)
<b>Processo tipo <i>jobbing</i></b>	Posicional (fixo) ou Por processo
<b>Processo tipo <i>batch</i></b>	Por processo ou Celular
<b>Processo em massa</b>	Celular ou em linha
<b>Processo contínuo</b>	Em linha

Tabela 1.7.: Relação entre os sistemas produtivos e os tipos básicos de *layouts*

Fonte: SLACK *et al* (1997)

Fazendo uma análise das tabelas apresentadas neste item, conclui-se que a maioria das PME's produtivas brasileiras adotam geralmente os sistemas produtivos *jobbing* e em *batch*. Sendo assim, utilizam os *layouts* por posição fixa (para produtos especiais e/ou sob encomenda) e por processo (funcional).

Geralmente as PME's não planejam o *layout* do chão-de-fábrica. Um *layout* de fábrica planejado pode favorecer: facilidades no processo produtivo, flexibilidade de operações, redução de custo com movimentação de materiais, melhor utilização do espaço disponível, redução do tempo de fabricação e de fluxo de pessoas, melhores condições de trabalho, prazos de entregas confiáveis, melhor qualidade dos produtos e uma estrutura organizacional menos difusa.

A mudança de *layout* das PME's pode ser menos complexa que de uma grande empresa, elas apresentam um sistema produtivo mais flexível, dinâmico e simples.

## Capítulo 2. Tecnologia de grupo no processo produtivo: Aspectos gerais

### 2.1. Conceitos

Os conceitos da Tecnologia de Grupo (TG) fixados por MITROFANOV (1966), foram amplamente aplicados nos sistemas de produção em lotes. A literatura tem como principais estudiosos BURBIDGE (1975), ARN (1975) e GALLAGHER e KNIGHT (1973,1986), HAM (1977), GONÇALVES FILHO (1982), GONÇALVES FILHO e CHRISTIANO (1994) e outros.

A maior parte das publicações sobre TG relatam sobre seu potencial de aplicação. Uma pequena parte porém, apresenta resultados de sua implementação nas empresas, segundo MAESTRELLI (1992). Torna-se, assim, necessário um aprofundamento na aplicação dessa teoria, mas também, pesquisar sobre a sua adaptação em PME's brasileiras para identificar as vantagens e limitações.

A TG estabelece que em uma fábrica poderão ser formadas famílias de peças segundo suas similaridades de **projeto** e/ou **processo**. A cada dia métodos mais sofisticados, através de *software*, são desenvolvidos.

Para produtos com projeto similar, o método visual ou o sistema de classificação e codificação (SCC), podem ser utilizados e são mais simples. Já no caso de peças similares por processo, a técnica Análise do Fluxo de Produção (AFP), também pouco complexa, é sugerida.

Segundo SILVEIRA (1994), outras áreas da indústria podem ser também beneficiadas com a TG, como recursos humanos, vendas, compras e custos. Este assunto será explanado no item 2.5. deste capítulo.

Mesmo assim, o autor acima, considera que o conceito de TG varia conforme o enfoque pretendido. Os conceitos encontrados na literatura podem ser divididos em três níveis:

1. TG como enfoque genérico, uma forma de pensamento;
2. TG como uma filosofia de produção ou tipo de organização de uma unidade produtiva; ou
3. TG como uma técnica de agrupamento de peças, conforme o aspecto geométrico.

A abordagem deste trabalho está direcionada no segundo item, voltado para formação de famílias de peças, conforme as similaridades por processo em uma unidade produtiva. Assim, o cerne desta pesquisa está relacionado com o desenvolvimento da técnica Análise do fluxo de Produção (AFP).

GONÇALVES FILHO (1982) apresenta em seu trabalho a definição de ARN (1975) sobre TG: "... significa um método que tenta analisar e arranjar o *spectrum* de peças e processos de fabricação aplicáveis de acordo com as similaridades de desenho e usinagem tal que uma base de grupos e famílias possa ser estabelecida para a racionalização dos processos de produção na área de produção em lotes médios e pequenos".

BURBIDGE (1992) cita que TG é "... um tipo de organização fabril na qual os materiais processados são totalmente divididos entre unidades organizacionais (grupos), onde cada item completa todos os estágios de fabricação e montagem exigidos, sendo estes grupos aparelhados com todos os equipamentos e acessórios à esta tarefa."

Outros termos importantes são definidos, pois serão utilizados ao longo deste estudo:

1. FAMÍLIA: HAM (1976) definiu “como uma coleção de peças, as quais são praticamente idênticas ou similares. Elas podem ser relacionadas através da forma geométrica, e/ou tamanho de uso de operações similares de fabricação. Alternativamente, elas podem ser dissimilares em formato, mas relacionadas por terem todas ou algumas operações comuns de manufatura”.

2. GRUPO: Combinação do conjunto de operários e de máquinas capazes de processar inteiramente todas as peças de uma família determinada para aquele grupo. Destaca-se que todas as peças não precisam ser processadas em todas as máquinas do grupo.

Os operários em um grupo compartilham objetivos comuns, metas da produção, como uma lista de peças/produtos a serem desenvolvidos em uma determinada data. O número de pessoas em um grupo deve ser o menor possível, e mais adequado para favorecer uma coesão social.

3. CÉLULA: Sistema de fabricação onde os operários e as máquinas são arranjados em um grupo, a fim de que todas as operações necessárias à fabricação de uma família seja executada dentro da área delimitada pelo grupo.

4. COMPONENTE COMPOSTO: Peça teórica idealizada para representar uma família de peças, de modo a englobar todos os elementos de forma ou características das peças da família.

5. ARRANJO FÍSICO ou *LAYOUT*: O parque de máquinas de uma indústria pode ser organizado de três formas básicas: por linha, por função e em grupo. Em linha, a produção passa por uma seqüência de máquinas instaladas uma após a outra seguindo um procedimento de produção previamente fixado. O *layout* por função é composto de seções homogêneas, onde todas as máquinas realizam o mesmo tipo de tarefa. E por fim, no *layout* em grupo a fabricação de um conjunto de peças é realizada por um grupo de máquinas especialmente reunidas para este fim.

A tecnologia de grupo é um conceito de manufatura compatível com outras filosofias e serve de auxílio à implantação de técnicas de manufatura, como células, *kankan*, *just-in-time* (JIT), sistemas flexíveis de manufatura (FMS), manufatura integrada por computador (CIM), etc.

MAESTRELLI (1992) considera que as principais características da TG são o arranjo físico (*layout*) e a grande diversidade de itens produzidos.

A TG pode provocar mudanças e redução de custos nas diversas unidades produtivas, tais como:

- nova estrutura organizacional;
- planejamento de processo e controle da produção simplificados e melhorados;
- nova política de estoque;
- diminuição de preparação e ajuste de máquina (*set-up*);
- redução do tempo de processamento, ou seja, desde a entrada da matéria-prima até a saída da expedição do produto (*lead time*), etc.

Assim, os sistemas de fabricação em pequeno e médio lotes formam o ambiente ideal para a aplicação desta filosofia, porque o gerenciamento da produção é notoriamente beneficiado.

O número de operários em um grupo deve ser o mais restrito possível (de 6 a 15 trabalhadores) e adequado para obtenção do equilíbrio social e técnica. Os funcionários tornam-se multifuncionais e com isto, a satisfação aumenta, contribuindo para maior eficiência produtiva.

## 2.2. Histórico

As técnicas de agrupamento de peças e máquinas em famílias, estas em células de manufatura, são provenientes dos países da Europa, principalmente da Rússia (antiga União Soviética), segundo GONÇALVES FILHO (1982). Desde a década de 60 os conceitos da Tecnologia de Grupo são difundidos no Japão, na Alemanha, Inglaterra e Estados Unidos. No Brasil, as empresas ainda não incorporaram amplamente a utilização da TG.

O autor cita que existem evidências da filosofia da Tecnologia de Grupo (TG) ter sido aplicada no princípio do século XX, através do uso da classificação mnemônica de Taylor. Porém, essas aplicações eram informais e intuitivas e o desenvolvimento formal e científico teve início após a 2ª. Guerra Mundial,

Um dos autores pioneiros da TG é o russo MITROFANOV, segundo o autor, com o livro *THE SCIENTIFIC PRINCIPLES OF GROUP TECHNOLOGY* (Os princípios científicos da TG) publicado em 1959, enunciando o conceito de "componente composto". O termo TG foi formalizado e contribuiu no desenvolvimento deste sistema de produção. Os resultados de Mitrofanov sintetizados serão abordados, neste trabalho, nas fases do desenvolvimento da TG.

OPITZ, na Alemanha, em 1960, desenvolveu o método largamente utilizado para a formação de família, o sistema de codificação e classificação (SCC), que considera as características geométricas das peças.

Na Inglaterra, BURBIDGE, em 1962, foi considerado um dos primeiros disseminadores e estudiosos do método de Análise de Fluxo da Produção - AFP, na publicação do livro *Production Flow Analysis – PFA*, sendo o mais tradicional método de agrupamento baseado nos fluxos de produção, utilizado para a formação de famílias na TG, o qual será alvo de estudo neste trabalho.

No início da década de 70, com o surgimento de um novo método da TG, os sistemas de classificação e codificação, ocorreram as primeiras tentativas de

estruturação do *layout* celular nos sistemas de produção de pequenos e médios lotes. Até então, a TG era considerada como uma técnica de otimização que estudava basicamente a adequação de peças e máquinas, segundo MAESTRELLI (1992).

Segundo SILVEIRA (1994), nos últimos anos, muitos autores como CHANDRASEKARAM & RAJAGOPALAM (1987), CHAN & MILLER (1982) e KING (1980), entre outros, têm desenvolvido novos algoritmos e métodos de formação de famílias. Já outros autores têm buscado se concentrar no aprimoramento das técnicas já existentes para a resolução de problemas mais complexos, como por exemplo, tempo de operação e preparação, sequenciamento das operações, máquina-gargalo, etc.

Novos métodos foram desenvolvidos como por exemplo, a simulação e a programação matemática.

SILVEIRA (1994) considera que a TG, enquanto ciência, ainda tem muito a se desenvolver. A propagação de Sistemas de Manufaturas Flexíveis (FMS), *Just-in-Time (JIT)* e a Manufatura Integrada por Computador (CIM) geram a cada dia novas oportunidades e desafios, a fim de adaptação das técnicas de formação e implantação de família de peças em diversos ambientes.

SÉRIO (1990) relata que a TG é um sistema em fase de desenvolvimento e evolução bastante grande, mesmo nos países desenvolvidos, a expandir sua influência nos sistemas de fabricação com pequenos e médios lotes.

### **2.3. Fases do desenvolvimento da TG**

A TG foi desenvolvida em três fases:

- 1ª. Década de 50 e início da década de 60, principalmente, com base no trabalho de Mitrofanov, em 1959.

- 2<sup>a</sup>. Adoção do conceito de célula-piloto no processo de fabricação.
- 3<sup>a</sup>. A atual fase é dada no enfoque técnico e social visando um melhoramento do trabalho do funcionário no chão-de-fábrica.

### 1º. Estágio:

Através de formação de famílias, baseadas nos denominados componentes compostos, de Mitrofanov , foi preparada uma máquina capaz de executar determinadas operações para a produção de qualquer peça de uma mesma família, esperando-se o aumento da produtividade.

O que se distingue nesta etapa, segundo BATOCCHIO (1987) :

- a formação da família era baseada na forma da peça;
- era preparada somente uma máquina para a execução do trabalho;
- no torneamento de peças os operários eram mais freqüentes;
- componente composto era freqüentemente empregado, com ênfase na forma, principalmente quando se desejava a produção em família.

O objetivo principal, no primeiro estágio, foi a minimização de troca de ferramentas e matrizes, ou seja, a diminuição do *setup*, segundo GONVALVES FILHO (1982). Conseqüentemente, problemas foram constatados, devido à redução do *setup* : o tempo de espera nas máquinas posteriores aumentaram; o tempo total gasto da emissão da ordem de fabricação até a montagem final do produto não foi diminuído e o trabalho em desenvolvimento foi sensivelmente dilatado.

Entretanto, outras conclusões foram apresentadas: mesmo com o aumento da produtividade do ciclo de fabricação, a montagem não sofreu melhoramento; ocorreu o aumento de estoque em processos (*Work-in-Process - WIP*) e de estoques, haja visto que apenas algumas máquinas trabalharam nesse novo sistema; o novo sistema de produção exigia alterações no Planejamento e Controle

da Produção (PCP); detectou-se a necessidade de reestruturação da parte social e formas de incentivos, devido à adoção da nova filosofia de produção.

## **2º. Estágio:**

Como os resultados da fase anterior foram animadores, porém não satisfatórios, a segunda fase ficou caracterizada pela adoção de uma célula-piloto (célula de máquina), ou seja, um conjunto de máquinas apto a produzir todas as peças de uma família.

Assim, o conceito de família foi estendido, levando em conta o processo de fabricação e não somente a forma geométrica da peça.

As células-piloto projetadas, nesse estágio, apresentaram os seguintes resultados, segundo GONÇALVES FILHO (1982) e BATOCCHIO (1987):

- a) As células-piloto exerciam financeiramente pouca influência na quantidade de estoques de peças semi-acabadas. Porém, foi notória a redução de trabalho em processo dentro dos limites da célula.
- b) O tempo dos transportes foi reduzido drasticamente.
- c) As datas de término das ordens de fabricação tornaram-se mais exatas e respeitadas em relação ao modelo convencional.
- d) O *set-up* foi significativamente reduzido dentro da célula.

Mesmo uma célula de máquina, operando em fase de teste, foi notada maior velocidade dentro dela, do que fora. Assim, pouco se ganhou em tempo total de produção (*lead time*), uma vez que as peças produzidas nas células-piloto aguardavam a produção das demais, dentro do *layout* convencional, para se fazer a montagem final.

Portanto, estes obstáculos, fizeram com que os estudiosos sobre TG desenvolvessem um novo sistema de produção capaz de eliminar as desvantagens das células-piloto.

### **3º. Estágio:**

Nesta fase, dois aspectos foram considerados: um novo sistema de produção (celular) e ênfase no fator social da empresa.

Particularmente, em pequenas e médias empresas (PME's) industriais, o sistema de produção característico é o de lote de fabricação do qual trabalha, geralmente, com o *layout* funcional.

Alguns pesquisadores como BURBIDGE (1983), SÉRIO (1990) entre outros, demonstraram ser possível aplicar o *layout* celular em sistemas de produção não repetitivos.

Assim, o sistema de produção celular, surgido em decorrência dos estágios anteriores, tem aplicabilidade no sistema de lote de fabricação.

Para implementá-lo é preciso o reconhecimento de três fatores interdependentes: fator social, tecnológico e econômico. Este sistema consiste em organizar o grupo de máquinas e operários de modo mais adequado possível, conforme as restrições financeiras, tecnológicas, físicas e humanas de cada indústria. Assim, é necessário lembrar que "a máquina serve ao homem e não o homem à máquina", isto para mostrar a execução da seqüência de operações de modo mais flexível e mais racionalizado, como por exemplo: redução do *lead time* e de estoque em processo (*WIP*); fluxo de material mais organizado; controle de produção mais simples e eficaz; controle de qualidade assegurado, feito de forma mais simples e eficaz; supervisão mais objetiva, clara e racional e melhoria do nível motivacional dos funcionários.

Para obter o sistema celular, todo o *layout* funcional deve ser abandonado por partes e reagrupado às máquinas e pessoas dentro de um *layout* de grupo.

Atualmente, os conceitos de TG têm sido aplicados a fim de favorecer a obtenção de dois importantes atributos em um sistema produtivo: flexibilidade<sup>1</sup> e integração<sup>2</sup>.

A TG favorece a flexibilidade pelos seguintes motivos:

- capacidade de produzir peças/produtos distintas ou customizadas em quantidades variáveis.
- capacidade de fabricar produtos sazonais.
- capacidade da máquina realizar diferentes operações.
- capacidade de transportar e armazenar peças, com possibilidade de fluxos de fabricação alternativos.
- capacidade referente à velocidade e ao grau de competição dos mercados industriais e entre as próprias nações (*lead time* curtos, baixos estoques, produto com breve ciclo de vida e maior mix de produtos, peças e máquinas).

---

<sup>1</sup> Flexibilidade: "é ser capaz de variar e adaptar a operação, seja porque as necessidades dos clientes são alteradas, seja devido a mudanças no processo de produção, causadas, talvez, por mudanças no suprimento dos recursos. Significa estar apto a mudar o quanto seja necessário e com rapidez suficiente", segundo SLACK (1993), ou seja, quando há necessidade de mudar o que está sendo feito.

Nota-se que hoje, a empresa busca fazer (mudar / renovar) rápido e bem feito aquilo que domina, senão o concorrente o faz. A mudança de mix, a diminuição no prazo de entrega proporciona o aumento dos lucros e garante uma posição no mercado. Apesar disso, ela teme aos aumentos de exportações, com a globalização. Não se sabe se conta com os parceiros (através de incorporações e fusões de empresas) ou "inimigos" (concorrentes) da globalização.

A flexibilidade afeta três outras dimensões de desempenho. Ela pode ajudar a tornar a manufatura mais confiável, reduzir diretamente os custos e acelerar o fluxo. Mas, é interessante sempre a empresa questionar se realmente necessita de flexibilidade interna, às vezes seu aumento indevido provoca distúrbios na administração.

<sup>2</sup> Nenhuma operação produtiva existe isoladamente. Toda operação está interligada em uma rede, que pode ir desde os fornecedores a clientes. Assim, integração, podendo ser descrita neste caso como integração vertical, é uma combinação de todas as operações distintas existentes dentro das fronteiras da empresa: compra, processos administrativos, *marketing*, projetos de produtos, produção, distribuição, vendas, Tc, segundo os autores PORTER (1989) e SLACK *et al* (1997). A maioria das decisões de integração vertical são fundamentadas em decisões de "fazer ou comprar?". Este fator vai depender dos cálculos financeiros envolvidos em cada operação.

A idéia central da flexibilidade é a possibilidade de adaptação do sistema de produção às necessidades de mudança, como por exemplo, o uso de máquinas ferramentas a comando numérico (CN)<sup>3</sup>, segmentação ou focalização de atividades em família de peças, máquinas e processos.

Portanto, segundo uma das conclusões de MAESTRELLI (1992), a flexibilidade de um sistema produtivo depende do tipo de arranjo físico adotado pelo sistema. A flexibilidade do sistema produtivo irá aumentar se diminuir o tempo de montagem e se operar com baixos tempos improdutivos.

Por outro lado, a integração de várias etapas da empresa envolvendo um produto específico desde o seu projeto, fabricação até a venda, é um ponto chave para a contribuição de uma alta competitividade. Podendo, assim, facilitar para que a indústria adapta rapidamente seu processo produtivo, conforme às exigências do mercado.

A utilização de um simples sistema de codificação e classificação das peças/produtos (uma das técnicas mais tradicionais do TG) pode ser bastante eficaz, fazendo a integração do processo produtivo. Para isto é necessária a eliminação de fluxos alternativos, *set-up* e estoques intermediários observados entre as atividades de fabricação e montagem.

A TG pode auxiliar também na obtenção da integração utilizando outras tecnologias mais complexas como: o CAD (Projeto Auxiliado por Computador), a CAE (Engenharia Auxiliada por Computador), o MRPII (Planejamento de Requisitos de Materiais) e o JIT (*Just-in-Time*), etc.

---

3 Máquinas ferramentas a comando numérico permitem trabalhar com ferramentas e dispositivos padronizados, visando a redução do *set-up*, além de alterar programas e características de peças com rapidez, facilitando a usinagem de diferentes peças.

## 2.4. Principais áreas de aplicação

A aplicação da TG reside no auxílio da implementação de diversas técnicas modernas de produção, principalmente com a difusão da informática nas empresas. Com o uso do computador há possibilidade de armazenamento e organização de grande quantidade de dados, com segurança, precisão e velocidade. Através dos bancos de dados, faz-se a identificação das peças, que constituem as famílias, o tamanho dos lotes e o tempo de execução de cada operação. Pode-se, também, fazer uma previsão quanto às peças futuras, quais irão entrar em alguma família, qual já tem toda a estrutura de produção preparada, segundo FERREIRA (1995).

O autor apresenta as áreas de aplicações da TG nos EUA, principalmente a partir da década de 70:

- Projeto do produto: 53%
- Planejamento do processo: 47%
- Células de fabricação: 41%
- Em todas as áreas: 30%
- Pretendem implantar células: 29%

EUGÊNIO (1993) relata na tabela (2.1.) algumas aplicações da pesquisa de BENNETT & MACCONNELL (1973) em 150 empresas, sendo que 60% das mesmas não utilizavam a TG.

RAMO DE INDÚSTRIA	Nº ANALISADAS	Nº USAM TG
Mecânica em geral	34	16
Válvulas e bombas	20	13
Máquinas-ferramentas	14	09
Produtos Elétricos	12	05
Instrumentos	11	10
Ferramentas	09	04
Aeronáutica	09	05
Acessórios para motores de carros	08	06
Máquinas tipográficas e papelaria	08	05
Equipamentos de construção civil	06	03
Máquinas têxteis	04	03
Chaparia metálica	04	02
Computadores	03	02
Engrenagens	02	02
Construção naval e equipamentos	02	02
Máquinas de escritório	02	02
Equipamentos agrícolas	02	01
Total de indústrias	150	90

Tabela 2.1.: Grupos de indústrias pesquisadas

Fonte: EUGÊNIO (1993)

Já GONÇALVES FILHO (1982) relata na tabela (2.2.), que na Europa e nos EUA são muitas as indústrias que utilizaram essa técnica.

EMPRESA	PRODUTO	ORIGEM
Toyoda Machine Work -1965	Retificadoras cilíndricas, Universais e C.N.	Japão
English Electric Co, Ltd - 1965	Motores elétricos	Inglaterra
Ferranti Ltd - 1966	Sistemas eletrônicos para aviação	Inglaterra
Sulzer Bros Ltd	Máquinas	Suíça
Thomas Mercer Ltd -1970	Equipamentos de medição pneumáticos e eletrônicos	Inglaterra
Rank Taylor Hobson -1968	Instrumento de metrologia	Inglaterra
Serck Audco Valves - 1964	Válvulas	Inglaterra
Platt International Ltd - 1970	Redutores	Inglaterra
Cincinnati Milacron	Máquinas ferramenta	EUA
Volvo	Caminhões	Suécia
Siemens	Equipamentos eletrônicos	Alemanha
Philips	Equipamentos eletrônicos	Holanda
Fluidar Compressors Ltd - 1972	Compressores	Inglaterra
Ferodo Ltd	Material de fricção	Inglaterra
Allis-Chalmers	Equipamentos agrícolas e industriais	EUA
Boeing Commercial Airplane Co.	Componentes de aviões	EUA
Weil Pump Co.	Bombas Centrífugas	EUA
Wildt Mellor Bromlex Ltd - 1973	Máquinas para indústria têxtil	Inglaterra
Black e Decker	Componentes para equipamentos manuais	EUA
Sundstrand	Centros de usinagem	EUA

Tabela 2.2.: Exemplos de usuários da tecnologia de grupo

Fonte: GONÇALVES FILHO (1982)

Além de certificar a abrangência da aplicação da TG em diversos setores, na tabela (2.2.), o autor relata que foram obtidos os seguintes benefícios (aproximados): aumento de 30% nas vendas e de 50% na relação expedição/empregado. Por outro lado, houve uma diminuição de 40% do estoque, a relação estoque/vendas caiu de 52 para 25%, o tempo de fabricação passou de 12 para 4 semanas e o atraso de encomendas diminuiu de 6 para 1 semana.

Em um artigo mais recente BURBIDGE (1992) mostra duas tabelas (2.3. e 2.4) onde as empresas utilizaram a Análise de fluxo de Produção:

No	Ano	Nome da Empresa	Produto
<b>A- Estágio Experimental</b>			
1	1968	Coles Cranes	Guindaste móvel
2	1970	Olivetti, OF/52, Itália	Máquinas de calcular
3	1974	Black & Decker	Ferramentas mecânicas e elétricas
<b>B- Estágio Consolidado</b>			
4	1978	Rank Xerox	Copiadoras
5	1980	Mondragon, Espanha	Prensas pesadas
6	1981	International Harvester	Tratores
7	1982	Br. Jeffrey Diamond	Máquinas de extração de minério
8	1984	Cosworth Engines	Motores de carro de corrida
9	1984	Rolls Royce	Motores a ar
10	1985	W. H. Allen, Bedford	Motores I. C. e turbinas
11	1985	R. A. Lister	Motores a diesel
12	1985	Kongsberg, Noruega	Instrumento de precisão
13	1985	Lucas, Aeroespacial	Instrumento de precisão
14	1986	JCB, diggers	Máquina de escavar
15	1986	Sandvik Tools	Ferramentas
16	1987	JCB, hydraulics	Arietes hidráulicos
17	1987	GEC	Engrenagem f. de câmbio
18	1988	Metal Box, Shipley	Máquinas de enlatar conservas de alimentos
19	1988	Metal Box, Worcester	Engrenagem f. de câmbio
20	1989	VSEL, Barrow	Submarinos
21	1989	Davy Morris, Loughboro	Guindastes
22	1990	Reynard	Carros de corrida
23	1990	Alcan	Extrução de alumínio
24	1990	Shalibane	Manipulador de tubo

Tabela 2.3.: A AFP no Reino Unido, Espanha e Noruega

Fonte: BURBIDGE (1992)

No	Ano	Nome da Empresa	Produto
1	1979	Majevica	Máquinas-operatrizes
2	1980	Istra. Kula. 1	Válvulas de irrigar
3	1981	FKL - Temerin 1	Eixo de meio de transmissão (automóvel)
4	1981	Krusik Valijevo	Máquinas de tecer
5	1981	Fadip Becej	Mangueiras dobráveis
6	1982	Majevica Curug	Máquinas acessórias
7	1983	FKL Temerin 2	Rolamentos
8	1984	Mahanika Derventa	Eixos e exemplos sistemas
9	1987	Istra. Kula. 2	Válvulas

Tabela 2.4.: A AFP na Iugoslávia

Fonte: BURBIDGE (1992)

Na tabela 2.3., o desenvolvimento da AFP se deu em produtos padronizados de certas empresas, onde todas as rotas de todas as peças foram analisadas. Já em outras empresas, com produção em *jobbing*, as rotas foram baseadas nas previsão de vendas de um ano. Todas essas aplicações foram processadas com dados reais.

No Brasil, as empresas Embraer, Ford, Metal Leve, Clark, Villares, Fundação Tupy, Philips, Brown-Boveri, etc aplicam o CAD/CAM com compra ou desenvolvimento de "pacotes", onde normalmente a TG faz parte integrante, segundo SÉRIO (1990).

Em síntese, a experiência internacional e nacional mostra que a TG pode ser aplicada em uma grande variedade de casos, tipos de indústrias e tipos de produtos.

Porém, GONÇALVES FILHO (1982) relata algumas condições para implantar a TG:

1. *Existência de um grande número de pequenos lotes*: se ocorrer ao contrário, pequeno número de grandes lotes, máquinas especiais e técnicas de produção em massa tornam-se indicadas.
2. As informações e dados dos componentes e da produção têm que ser o mais acurado possível.
3. Existência de peças leves possibilita um fluxo automático dos operários no chão-de-fábrica;
4. Existência de componentes que requerem mínima inspeção, onde o fluxo de trabalho entre as máquinas não seja interrompido;
5. Trabalhos simples, onde não seja necessária muita habilidades, aumenta o grau de flexibilidade da mão-de-obra.
6. A existência de máquinas mais acessíveis permitem a aceitação de certa ociosidade destas. Isto significa que haverá uma otimização da mão-de-obra e não da máquina.
7. A similaridade de peças e de operações de produção permite que o *set-up* das máquinas, para fabricação de duas peças consecutivas, seja reduzido.

Estes requisitos, quando em maior parte possível, são respeitados e facilitam consideravelmente a implantação da TG.

## 2.5. Vantagens e desvantagens da TG

A TG, de modo geral, apresenta as seguintes vantagens, segundo EUGÊNIO (1993):

- Redução do *lead time*;
- Redução de estoques em processos e nos níveis de estoques finais;
- Produção mais otimizada, devido à melhoria de utilização dos recursos disponíveis;
- Melhor manuseio de materiais;
- Melhor utilização de espaço;
- Melhoria no planejamento e controle da produção (PCP);
- Menores variedades de ferramentas e acessórios de fixação;
- Melhoria da qualidade;
- Redução de refugos;
- Redução de variedade do projeto do produto;
- Melhor satisfação e moral dos funcionários;
- Melhoria nas decisões de reposição de materiais.

Nas empresas britânicas, a aplicação da TG, em geral, reduziu a documentação (papéis), o número de refugo diminuiu, o ciclo de fabricação reduziu, as empresas obtiveram ganhos na padronização de peças, no tempo de usinagem e redução no tempo de montagem.

BURBIDGE (1992) também cita as vantagens da TG, comparado-as com o processo organizacional:

- i) Menor tempo de *throughput*<sup>4</sup> - porque as máquinas são unidas de acordo, concedendo: menores estoques, menor custo e melhor serviço ao cliente.
- ii) Mais qualidade (menos refugos) - porque grupos de peças e máquinas são formados e unidos com a supervisão de um chefe de seção.

- iii) Menor custo com o fluxo de materiais - porque as máquinas estão melhor agrupadas.
- iv) Mais responsabilidade - porque grupos de peças são montados. O chefe de seção pode se responsabilizar por CUSTO, QUALIDADE e com o término da fabricação na data certa, concedendo: redução de custo por trabalho indireto e produção mais digna de confiança.
- v) Treinamento para promoção - o processo organizacional contribui na formação de funcionários mais especialistas. Já a TG, proporciona uma linha de seqüência, uma vez que um grupo é um mini-departamento.
- vi) Automação - a TG é um primeiro passo evolutivo para a automação. Um grupo é um Sistema Flexível de Manufatura com algumas operações manuais.
- vii) Redução do tempo de *set-up* - peças similares são fabricadas nas mesmas máquinas.
- viii) Disposição e satisfação com o emprego - a maioria dos trabalhadores preferem trabalhar em equipe.

A tabela (2.5) é uma síntese sobre os benefícios da TG em outras áreas da indústria, como recursos humanos, vendas, compras e custos.

---

<sup>4</sup> Tempo de *Throughput* é o tempo de passagem (atravessamento) da peça, desde a ordem de fabricação, até pronta, colocada no almoxarifado de peças acabadas.

Outras áreas beneficiadas pela TG			
Recursos Humanos	Vendas	Compras	Custos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior envolvimento e conscientização dos operários.</li> <li>• Maior intensificação do trabalho em equipe.</li> <li>• Maior responsabilidade com qualidade e prazo de entrega.</li> <li>• O sentimento cooperativo pode resultar em avanços nas negociações referentes ao capital e trabalho.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Com o sistema de codificação dos produtos e peças os vendedores podem localizar, identificar rapidamente o produto desejado pelo cliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A diversidade de matérias-primas e de componentes podem ser reduzidas através da identificação de peças com características semelhantes.</li> <li>• Esta redução pode justificar a compra de lotes maiores, o que pode resultar em: ganhos em, preços devido a aquisição em escala, eliminação de fornecedores deficientes, desenvolvimento de parcerias e simplificação nas atividades de compras.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pode facilitar o orçamento de produtos ainda na fase de projeto e na implementação de um sistema de controle de custos, referente à produção.</li> <li>• Pode favorecer também a escolha das peças a serem utilizadas ou redesenhadas, visando minimizar o custo do produto.</li> </ul>

Tabela 2.5.: Síntese sobre os benefícios da TG em outras áreas da indústria

Fonte: SILVEIRA (1994)

Como visto na tabela (2.5.), os benefícios da TG, utilizando o método de agrupamento de atividades, podem resultar em melhorias desde fornecimento de materiais, do processamento, da montagem até a venda do produto ao cliente.

Além disso, o autor cita os favorecimentos da TG na manufatura e no projeto e desenvolvimento de produtos:

Manufatura	Projeto e desenvolvimento de produtos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• A racionalização do fluxo de materiais reduz significativamente as atividades de transporte, manipulação e de estoques intermediários.</li> <li>• Ganhos em estoques intermediários, na área ocupada, no <i>lead-time</i>, na capacidade produtiva, na qualidade, na flexibilidade do processo produtivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Através da utilização de um sistema de codificação e classificação, informações sobre aspectos físicos dos produtos e processos das peças existentes podem reduzir o número de novas peças a serem projetadas no desenvolvimento de um novo produto.</li> <li>• As novas peças podem ser projetadas a partir de padrões já existentes. Assim, há redução no <i>tempo</i> de desenvolvimento do projeto e maior adaptabilidade no processo produtivo.</li> <li>• Com o desenvolvimento de novos produtos rapidamente, a empresa adquire uma vantagem competitiva fundamental.</li> </ul>

Tabela 2.6.: Favorecimentos da TG na manufatura e no projeto de produtos

Fonte: SILVEIRA (1994)

Em contrapartida, EUGÊNIO (1993) considera como principal desvantagem da TG o custo de sua implementação, que depende de cada caso especificamente. Pois, isto pode envolver reformas nas instalações físicas, elétricas e hidráulicas, dias parados de produção, investimentos em máquinas redundantes de produção a fim de otimizar o fluxo de materiais. Outra desvantagem é a introdução de novos produtos bastante diferentes dos que já fabricados pela indústria. Isto pode

acarretar na necessidade de reestruturação do *layout*. Assim, é aconselhável que o projeto de novos produtos utilizem características de peças já existentes ou semelhantes pela empresa.

Na seção seguinte será apresentada uma metodologia para aplicar a Curva ABC e, seqüencialmente, um sistema de codificação. O desenvolvimento de ambos, não faz parte do conceito da Tecnologia de grupo. Porém, neste trabalho, a proposta tem a finalidade de selecionar produtos que representem maior faturamento para a empresa, os quais necessitam de maior atenção, e para facilitar a formação de famílias de peças, pois ela se baseia na estruturação de códigos. Na figura (2.1.) é mostrada uma síntese do método proposto para simplificar o fluxo de produção.

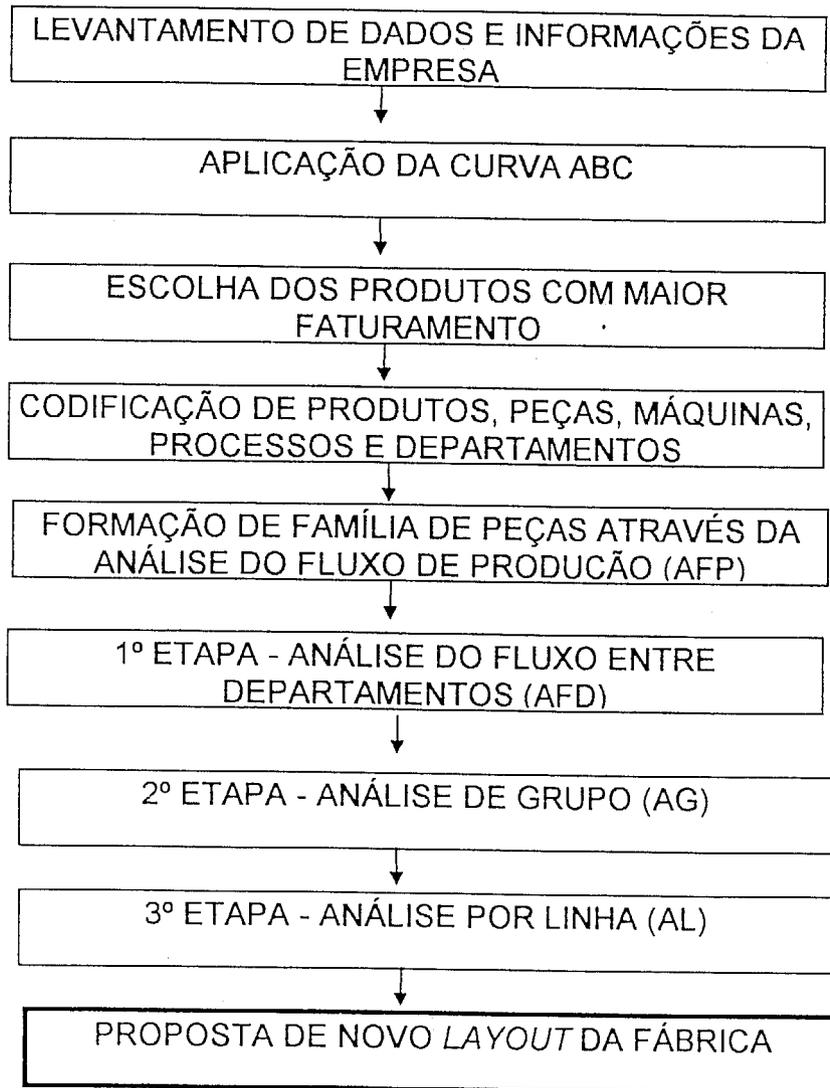


Figura 2.1.: Síntese do método proposto

## 2.6. Curva ABC

Segundo CÔRREA *et al* (1997) a curva ABC é uma técnica que classifica todos os itens de estoques de determinado sistema de operações em três grupos, baseados em seu valor anual total.

Pode ser definido que a curva ABC é um gráfico que reúne informações sobre o faturamento e o volume de produção. Ele tem como objetivo ordenar pela importância relativa os produtos fabricados na empresa:

1. **Classe A:** produtos que trazem maior faturamento, ou seja, grupo de itens mais importantes que devem ser tratados com atenção especial pelos proprietários.
2. **Classe B:** produtos que trazem valor médio, ou seja, grupo de itens em situação intermediária entre as classes A e C; e
3. **Classe C:** produtos que não trazem faturamento significativo, ou seja, grupo de itens menos importantes que não justifica muita atenção por parte dos proprietários

Segundo DIAS (1993) a definição das classes A, B e C não obedece a um critério rígido, apenas um bom senso e conveniência de controles necessários a serem estabelecidos pelos administradores, podendo variar de caso em caso. Em geral são definidos, por exemplo:

1. **Classe A:** 20% dos produtos que correspondem a 67% do faturamento;
2. **Classe B:** 30% dos produtos que correspondem a 21% do faturamento; e,
3. **Classe C:** 50% dos produtos que correspondem a 12% do faturamento.

São necessários os seguintes dados para a elaboração da Curva ABC: código do produto, quantidade, preço unitário, preço total e a % de faturamento de cada produto. Tabelas são montadas e nelas computadas a % do faturamento, em ordem decrescente, e a % acumulada.

Logo após a partir desses dados, a Curva ABC pode ser construída. A partir de um eixo cartesiano (X,Y): a abscissa (X) representa o número de itens e no eixo das ordenadas (Y) são delimitados os valores de faturamento acumulados.

Para a interpretação da Curva ABC, inicia-se à esquerda com o registro do item que indica o maior valor de faturamento acumulado (grau 1º). Prossegue-se o item de grau 2º à direita, no canto superior.

Depois, a curva encontrada é subdividida nas três classes (A,B e C). No eixo horizontal (X) estão indicados os limites de cada classe e no eixo vertical (Y) estão os percentuais da soma total (valor do faturamento total ou número total de itens).

Assim, o gráfico da curva ABC pode ser construído, inserindo-se os números de ordem em abscissas e as respectivas porcentagens sobre o valor de faturamento total em ordenadas. A curva é essencialmente de natureza crescente. A partir disto, pode ser estabelecido um critério para a definição das classes.

Neste trabalho é utilizado uma metodologia para o desenvolvimento da Curva ABC. Ela foi extraída do projeto entre SEBRAE/MG e DEP/EE/UFGM - "Competitividade através da manufatura".

Os seguintes passos abaixo devem ser desenvolvidos para obtenção da curva ABC:

- 1) "Fazer uma lista de todos os produtos fabricados pela empresa, a quantidade fabricada e o preço unitário de cada produto, de uma certa data no passado até o presente, por exemplo, nos últimos 6 meses.<sup>5</sup>
- 2) Agrupar os produtos que sejam semelhantes e somar a quantidade total produzida no período.
- 3) Listar os produtos por ordem decrescente da quantidade total produzida.
- 4) Multiplicar a quantidade total produzida pelo valor unitário de cada produto.
- 5) Identificar a porcentagem com que cada produto contribui para o faturamento total.
- 6) Fazer uma coluna de faturamento acumulado, somando a porcentagem de cada produto. Estes são os dados do eixo vertical do gráfico.
- 7) Somar a quantidade de produtos.
- 8) Dividir 100% pela quantidade de produtos, resultando na porcentagem de cada produto.
- 9) Fazer uma coluna de porcentagem de cada produto acumulada, usando os dados do item 8. Estes são os dados do eixo horizontal.
- 10) Traçar o gráfico".

Uma definição das classes (A,B e C) não foi estabelecida matematicamente, nesta metodologia. Assim, em cada caso particular, é necessário que se tenha bom senso e, conforme a conveniência, pode-se estabelecer tantas classes quantas

---

<sup>5</sup> O ideal é trabalhar com dados referentes aos últimos 12 meses.

forem necessárias. É sugerido que uma análise da dispersão entre as classes seja feita, ou seja, em um extremo, a observação do conjunto de altos valores absolutos com pequena dispersão entre eles e, no outro extremo, análise de um conjunto de baixos valores absolutos que possuam pequena dispersão entre si, a fim de que se obtenha a definição das classes.

Portanto, os itens da classe A necessitam de maior atenção gerencial. É importante manter o controle de estoques sempre com precisão e rigor, em especial, dos itens pertencentes a classe A.

## **2.7. Sistema de codificação**

A função de um sistema de codificação é promover melhoria de acesso a um grande conjunto de elementos (peças, produtos, processos, máquinas e departamentos) a fim de facilitar a identificação e manipulação de dados e informações. A classificação e codificação destes elementos constituem-se como formas básicas para a implantação do sistema em empresas.

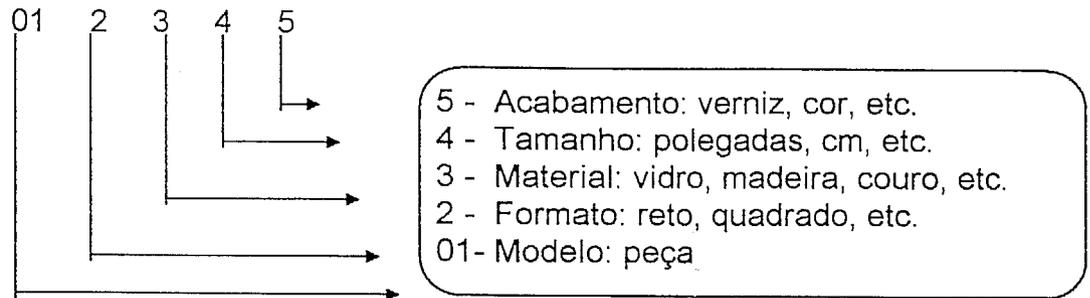
A codificação tem sido cada vez mais empregada devido ao grande aumento de dados e informações que necessitam ser utilizados. Além disso, a disseminação do computador nas empresas propicia maior rapidez no processamento, grande capacidade de armazenamento, facilidade de recuperação e adaptação dos códigos e de informações.

Como cada organização tem suas condições e necessidades específicas é importante pesquisar qual tipo de codificação será mais adequada à empresa. Segundo TOMAOKA (1991), a melhor opção, além do aspecto econômico, é a firma desenvolver seu próprio sistema feito sob medida, de maneira gradativa.

O importante é que o sistema deva focar parâmetros geométricos, características de materiais, tipos de processos de fabricação empregados, etc. Os códigos podem ser numéricos e alfanuméricos. Além disso, devem ser evitadas

duplicações de itens, números de dígitos extensos. É imprescindível a manutenção da coerência na implantação deste sistema.

Um exemplo básico de codificação de uma peça (012345) é mostrado a seguir:



Outro exemplo de codificação de processos é apresentado:

Codificação de Processos		
Processo	Código do Processo	Código das Máquinas
Cortar	CO	C1, C2
Prensar	PR	P1,P2

Portanto, um sistema de codificação deve ser fácil de aprender, de manusear, de adaptar às mudanças futuras e incrementos de novos itens. Porém, vale ressaltar que todas as peças, produtos, máquinas, processos devem ser codificados individualmente. Isto, irá permitir um exame completo de todas as peças utilizadas no processo de formação de famílias de peças.

## 2.8. Formação de família

Formar família é agrupar peças, podendo se basear na similaridade de processos (fluxo de produção) e/ou de produto (forma geométrica, tamanho, etc.). Após a definição das famílias os grupos são formados e depois arranjados, para que se possa planejar um melhor *layout* interno ou ser projetado, um *layout* dos grupos dentro da fábrica.

O agrupamento de peças em família é a chave para o conceito da TG, em função da formação correta das famílias de peças, que é um passo fundamental para a implementação da TG em qualquer indústria. O desenvolvimento de todas etapas posteriores estarão baseadas nestas formações, segundo PIRES (1989).

Os métodos básicos, utilizados na Tecnologia de Grupo (TG) para a formação de família de peças são:

1. Método Visual (MV);
2. Sistema de Classificação e Codificação (SCC); e
3. Análise do Fluxo de Produção (AFP).

As características das técnicas básicas estão desenvolvidas a seguir.

### 2.8.1. Principais métodos de formação de família<sup>6</sup>

A escolha do método a ser utilizado por uma empresa depende muito, das informações disponíveis, do seu porte e dos retornos esperados por ela. Segundo GONÇALVES FILHO (1982), caso seja necessário, podem ser usado dois métodos em conjunto.

---

<sup>6</sup> SILVEIRA (1994), cita outros métodos da TG: coeficiente de similaridade, métodos de arranjos de matrizes, técnicas baseadas em grafos, análise de agrupamentos, programação matemática e reconhecimento de padrões, etc. Porém, eles são mais custosos para as PME's, apesar de serem mais recentes e sofisticados.

Para o desenvolvimento da tabela (2.7.) baseamos, principalmente, nos estudos de SILVEIRA (1994), SÉRIO (1990), CHRISTIANO (1989) e GONÇALVES FILHO (1982). Nela estão expostas as três técnicas básicas da TG citadas anteriormente: o Método Visual (MV), o Sistema de Classificação e Codificação (SCC), além da Análise do Fluxo de Produção (AFP).

	MV	SCC	AFP
C A R A C T E R Í S T I C A S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consiste em uma inspeção visual das peças disponíveis, formando famílias, através da análise física de desenhos (dimensões, materiais, formato,...) ou por fotografias.</li> <li>• O tempo de desenvolvimento pode ser alto e a experiência pessoal influi no sucesso do método.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consiste na atribuição de um código (normalmente numérico) a todos componentes "vivos" da empresa, de modo que seja possível a identificação de peças semelhantes pelas similaridades de seus códigos.</li> <li>• Os componentes padronizados comprados não necessitam ser codificados.</li> <li>• Fundamental em muitas aplicações, especialmente direcionadas à área de projetos.</li> <li>• Podem ser classificados em duas categorias de sistemas: universais (ampla aplicação) e customizados (melhores códigos para aplicação industrial).</li> <li>• Os customizados possuem códigos que podem ser adaptados às necessidades do usuário, ao contrário dos universais.</li> <li>• Seu desenvolvimento baseia-se nas seguintes etapas: obtenção dos desenhos, codificação dos desenhos, colocação em ordem crescente, análise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Considerada a técnica pioneira.</li> <li>• Antes de seu desenvolvimento é necessária uma codificação simples de todos produtos, peças, máquinas e processos.</li> <li>• Visa ao agrupamento a partir de informações constantes dos roteiros de cada peça fabricada ou comprada (ordem de fabricação). Adota um percurso totalmente diferente do SCC.</li> <li>• Seu desenvolvimento baseia-se em três etapas principais: análise do fluxo de fabricação, análise dos grupos e análise de linhas.</li> <li>• Apoiar-se somente nos métodos de fabricação, não levando em consideração as características dos projetos ou forma das peças/produtos.</li> <li>• Primeira fase de organização para preparação e posterior implementação de um sistema de codificação, caso seja justificado, desejado ou necessário.</li> </ul>

	MV	SCC	AFP
		<p>para formação das famílias, formação dos grupos (necessita saber a previsão da produção e os roteiros de fabricação), layout em grupo e layout da fábrica.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fundamental em muitas aplicações, especialmente as direcionadas à área de projetos (as famílias serão construídas por peças semelhantes de formas semelhantes).</li> <li>• Apresenta-se, também, utilidade na padronização de peças, integração entre setores e na implantação do CAPP – sistemas de auxílio computadorizado ao planejamento de processo.</li> </ul>	
V A N T A G E N S	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Método mais simples e barato de agrupamento.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pode ser utilizado manualmente quando se tem um número de peças inferior a 2000 e diversificação de produto.</li> <li>• Na aplicação de projetos traz benefícios, como a organização dos desenhos, redução de peças duplicadas, redução de tempo de desenvolvimentos de novos produtos e estimativas rápidas de custos.</li> <li>• Identifica elementos de forma e família</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sua maior vantagem é a possibilidade de implantação imediata, obtendo resultados a curto prazo.</li> <li>• Baixo nível de investimento.</li> <li>• Baixa exigência para implantação, p. ex.: ordem de fabricação.</li> <li>• O método simplifica o fluxo de produção.</li> <li>• Especialmente útil em grandes</li> </ul>

	MV	SCC	AFP
		<p>de peças e de processos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agrupa por similaridade de forma e processo.</li> <li>• Possibilita desenvolvimento de codificação integrada de forma (projeto), processo e equipamento (fabricação).</li> <li>• Pode ser utilizado na formação de células, programação de máquinas CNC (comando numérico computadorizado) e no planejamento e sequenciamento da produção.</li> <li>• Permite também planejamento de investimento, diversificação de produtos e tecnologia de produtos e processo.</li> </ul>	<p>problemas para formação de família.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Simples para utilização, manuseio e interpretação.</li> </ul>
D E S V A N T A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não é muito impreciso, subjetivo e não possibilita progressos de médio a longo prazo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Complexidade, pois exige certa estrutura organizacional. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande números de dígitos.</li> </ul> </li> <li>• Altos custos para seu desenvolvimento e/ou compra. Podendo tornar inacessível para as PME's. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Treinamento de codificador.</li> </ul> </li> <li>• Para a garantia de maior amplitude e maior chances de sucesso do projeto é</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitado na geração da tecnologia de projeto e processo, por não permitir a padronização das formas (desenho) das peças e nem o reaproveitamento de peças desconsideradas.</li> <li>• Não se preocupa com o projeto (forma geométrica da peça) de forma direta.</li> <li>• Metodologia orientada para o chão-de-fábrica e não abrangente; ela não</li> </ul>

	MV	SCC	AFP
GENS		<p>necessário o uso do computador.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicações com resultados a médio e longo prazo (acima de 2 a 5 anos).</li> <li>• Difícil utilização de códigos universais, pois a empresa muitas vezes necessita desenvolver códigos específicos.</li> </ul>	<p>permite a integração entre projeto e fabricação.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Caso no fluxo atual de produção não seja feita uma análise completa e correta de todas as peças a mudança no chão-de-fábrica estará fadada ao completo insucesso.</li> </ul>
APLICÃOES	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Útil em casos de existência de poucas peças.</li> <li>• Deve-se desenvolver "primeiro" um agrupamento a fim de diminuir a complexidade inicial.</li> <li>• Um dos primeiros casos da eficácia de sua aplicação foi nos Estados Unidos, na Molins Machine Co..</li> <li>• Pode ser usado para definir grupos em montagem e escritórios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alguns sistemas universais: OPITZ (pioneiro, com 9 dígitos - Alemanha); KK-3 (21 dígitos - Japão); MICLASS (12 dígitos - Holanda), correios no EUA (5 dígitos e equívale ao CEP no Brasil), SCC/GRUCON (17 dígitos - UFSC/Brasil), etc.</li> <li>• Alguns sistemas customizados: BRISCH (voltado para projeto) e o MULTICLASS.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por ser um método ordenado de condução do trabalho é, geralmente, aplicado em qualquer caso para a formação de famílias.</li> </ul>

Tabela 2.7. : Métodos básicos da TG para formar famílias de peças

Podemos concluir através da análise deste quadro que o método MV não favorece amplos benefícios por ser bastante limitado. O SCC é um método com maior complexidade, demanda mais tempo para ser desenvolvido, além de principalmente ser mais custoso, caso a empresa venha adquiri-lo. Além disso, o método é mais voltado para o desenvolvimento de projeto de produtos. Já o último método, a AFP, têm vantagens sobre o SCC porque seus resultados podem ser rapidamente alcançados e com menores investimentos. O desenvolvimento da AFP é mais simples. Porém, objetiva somente na simplificação do fluxo da produção.

Segundo BURBIDGE (1975) as vantagens da AFP sobre o SCC é um fato concreto quando se trabalha com um pequeno número de peças (de 500 a 1000). Mas, se este número aumentar (de 3000 em diante), a análise manual é inviável, sendo necessária a utilização do computador para fazer a seleção.

Iremos fazer um aprofundamento sobre a AFP por considerar a técnica mais adequada e eficaz para a obtenção da simplificação do fluxo da produção nas PME's produtivas. Além disso, no capítulo 3 é apresentado uma aplicação deste método em uma PME.

### 2.8.1.2. Análise do fluxo de produção (AFP)

A Análise do Fluxo de Produção é uma técnica que estuda o fluxo de fabricação de cada peça através das máquinas e de seus processos, em cada unidade produtiva. As peças com fluxos de produção coincidentes são agrupadas e identificadas como uma família. Ela é utilizada para simplificar o fluxo de produção através deste agrupamento de peças que seguem uma mesma seqüência de fabricação

A simplificação do fluxo de produção contribui para o aumento da competitividade da indústria, uma vez que as peças percorrem menores espaços entre as máquinas. E com isto, temos uma redução do tempo de fabricação e aumento no volume de produção.

As máquinas e processos utilizados similarmente para produzir uma família de peças podem ser agrupados para formar os grupos ou células de máquinas.

A simplificação dos fluxos produtivos é parte importante do presente método, porque permitirá o re-ordenamento das operações chaves de produção. Fluxos mais simples implicam em maior facilidade para planejamento, controle de operações e, ao mesmo tempo, economia nos tempos totais de fabricação. Isto pode ser efetivado através da racionalização ou minimização da movimentação de peças entre as máquinas, seções (departamentos) e na eliminação de fluxos em sentidos opostos.

A AFP foi desenvolvida por John Leonard Burbidge. E nos meados da década de 70 se tornou difundida nas universidades e indústrias.

BURBIDGE (1989) utiliza a premissa que a maioria das peças e das máquinas ferramentas em qualquer indústria já pertencem a famílias e grupos definidos, assim, necessitamos apenas de identificá-los e organizá-los. Ele relata que a análise do fluxo de produção (AFP) é uma metodologia que analisa os fluxos de fabricação das peças (componentes dos produtos) e é usada para simplificar o fluxo de materiais e encontrar as famílias de peças e grupos (agrupamento de peças

que percorrem uma mesma seqüência produtiva), garantindo a formação do arranjo - dos equipamentos em células. O resultado desta simplificação contribui para o aumento da competitividade da indústria, permitindo um melhor controle e gerenciamento da produção. Além disso, existem peças que percorrem menores espaços entre as máquinas, fazendo com que o tempo de fabricação seja diminuído, aumentando o volume de produção.

A AFP está apoiada somente sobre os métodos de fabricação. Ela não considera na análise as características de projeto ou formas geométricas das peças. Além disso, não se pretende com a aplicação da AFP obtenção de mudanças nos métodos estabelecidos pela empresa, ou uma resolução tecnológica, simultaneamente com a mudança do arranjo físico para células. SÉRIO (1985) relata que " a mudança para arranjo em célula, juntamente com uma simplificação administrativa, irá trazer benefícios significativos por si só, provocando uma redução de investimentos em estoques, liberando assim o capital necessário para futuros desenvolvimentos tecnológicos".

A AFP começa com a listagem de todos as peças produzidas, máquinas - ferramenta utilizadas e os demais processos envolvidos na fabricação dos produtos e procura dividi-los em departamentos, para que os componentes sejam produzidos de acordo com os estágios em que os processos estão envolvidos. As figuras (2.2. e 2.3.) exemplificam sobre isto.

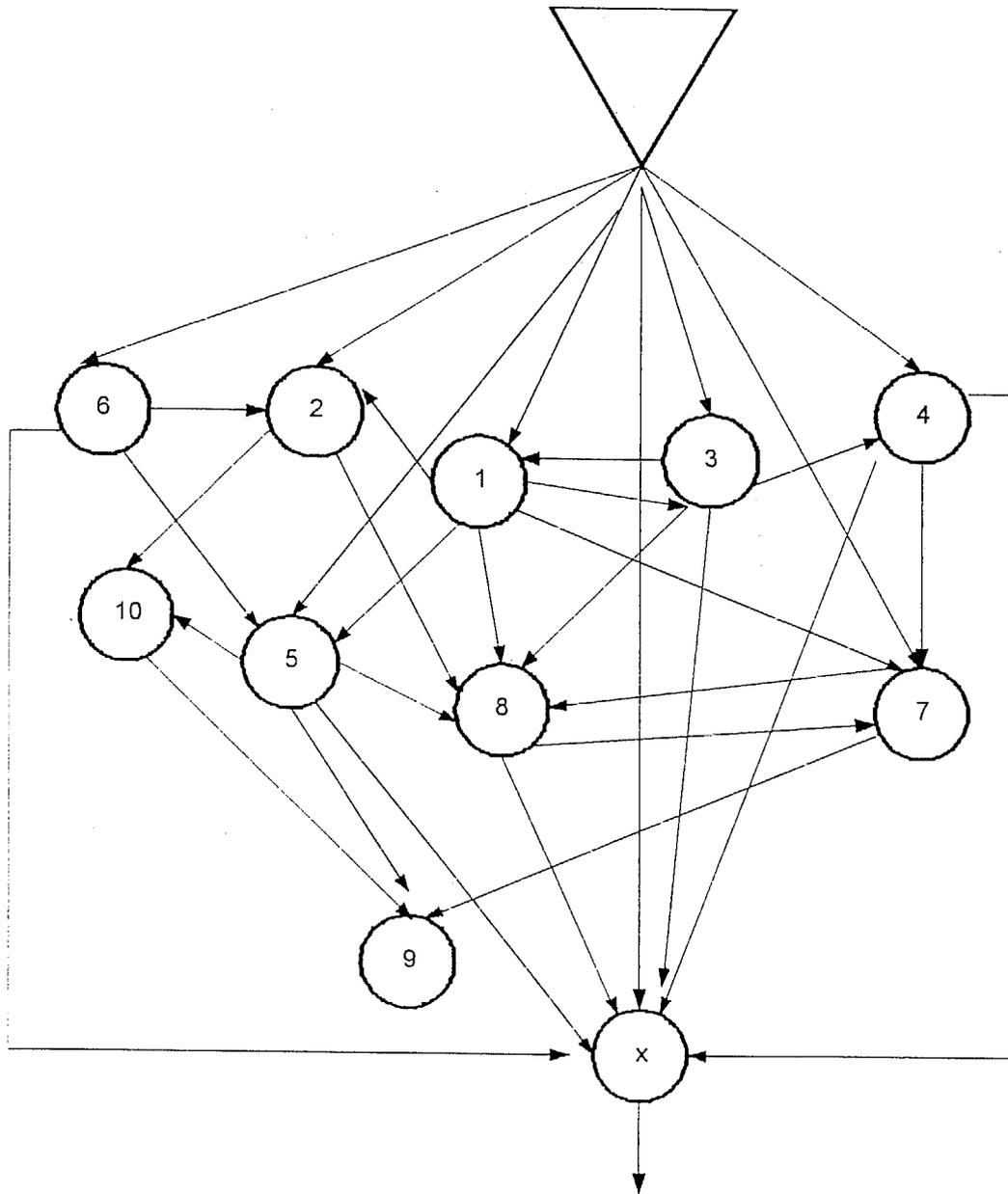


Figura 2.2.: Fluxo atual da produção

Fonte: Adaptação de BURBIDGE (1989)

**Legenda:**

O triângulo representa a área de estoque de materiais.

Os círculos numerados correspondem a seqüência dos departamentos.

E as setas indicam os fluxos de peças entre os departamentos.

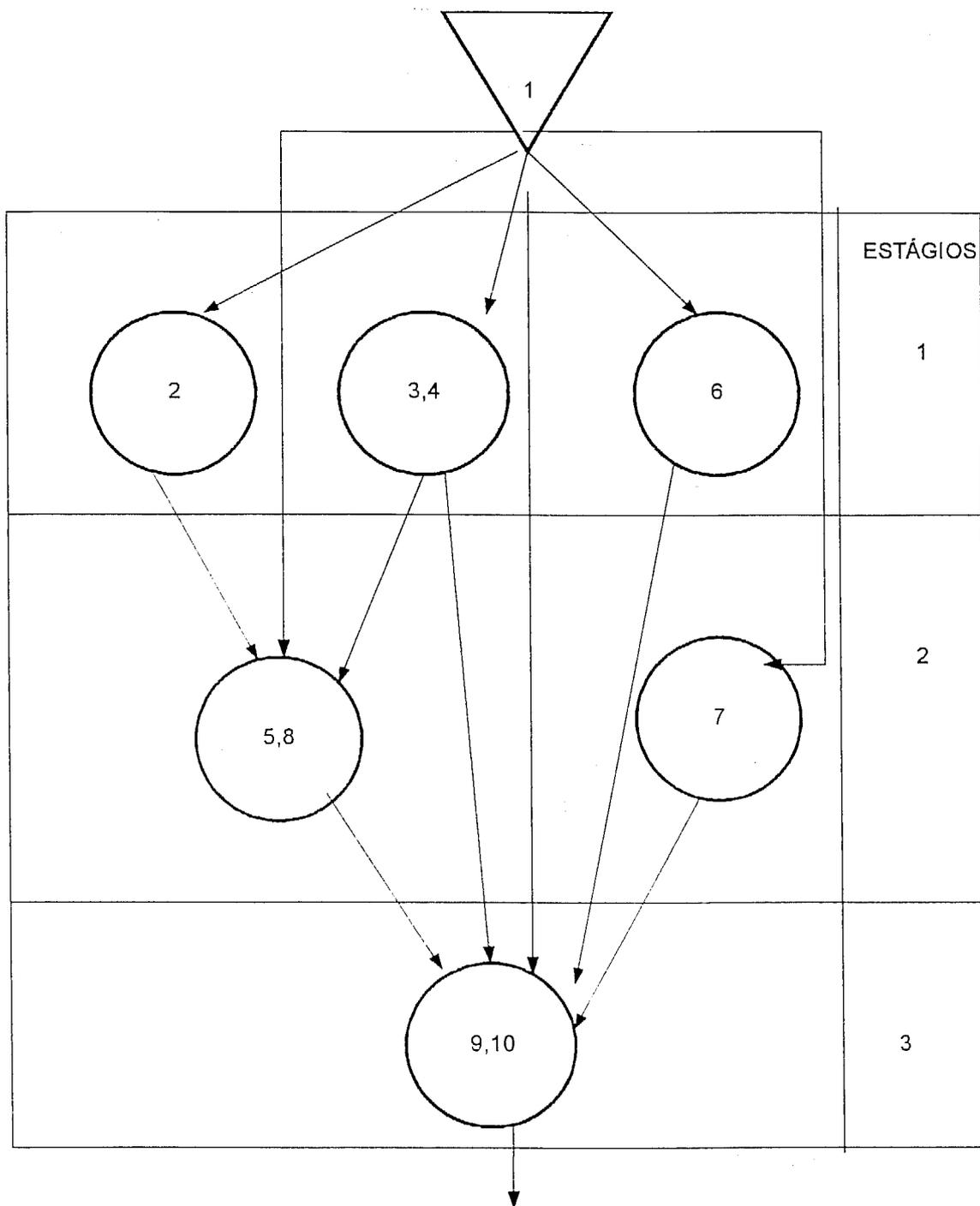


Figura 2.3.: Fluxo da produção simplificado através da AFP

Fonte: Adaptação de BURBIDGE (1989)

Uma explanação sobre a técnica AFP é mostrada logo a seguir:

- i) Objetivo;
- ii) Informações Indispensáveis;
- iii) Vantagens e Desvantagens da AFP;
- iv) Aplicabilidade ;
- v) Restrição; e
- vi) Metodologia.

### **i) Objetivo**

O objetivo deste método é identificar o melhor agrupamento natural das máquinas, para que cada um destes agrupamentos tenha a estrutura necessária para produzir completamente uma particular família de peças, segundo BURBIDGE (1989).

A técnica de AFP, desenvolvida por BURBIDGE (1989), será utilizada neste trabalho, de forma simplificada. Ela visa agrupar peças em famílias e otimizar os fluxos de produção.

### **ii) Informações indispensáveis**

Roteiro de fabricação (ordens de fabricação) e a lista de equipamentos da fábrica.

- a) Roteiro de fabricação: Indica a seqüência dos processos de fabricação que uma matéria-prima/peça percorre em determinada unidade produtiva. Além disso, deve satisfazer às seguintes condições, segundo SÉRIO (1985):

- 1) Toda peça fabricada ou comprada deve ter um roteiro de fabricação.
  - 2) Todo roteiro de fabricação deve mostrar as operações desde a emissão da matéria-prima até o término da peça. Mesmo operações como inspeção, limpeza, rebarbamento e outras devem ser listadas. Na montagem final, a nova peça (produto acabado) deve ter um novo código e um roteiro de fabricação, a fim de que se facilite o controle.
  - 3) Cada operação deve eqüivaler correspondentemente a um equipamento/máquina codificado. Operações consideradas exceções devem ser codificadas de um modo que permita sua identificação rápida.
  - 4) O roteiro de fabricação tem que retratar o chão-de-fábrica atual. É imprescindível que qualquer mudança, por exemplo, a divisão de carga de máquina, feita pelo planejador ou contra-mestre tem que ser comunicada à seção de emissão do roteiro de fabricação para que possa providenciar a atualização.
  - 5) O tempo para cada operação deve ser colocado a fim de verificar a carga das máquinas<sup>7</sup>, caso possa ser medido.
- b) Lista de equipamentos da fábrica: É necessário que todas as peças, componentes, máquinas e processos estejam codificados. Caso dois equipamentos tenham o mesmo código, significa que qualquer trabalho alocado num deles, possa ser feito igualmente no outro. Para facilitar a

---

<sup>7</sup> Um levantamento de dados sobre o tempo de operação de cada máquina não foi necessário na pesquisa empírica, no capítulo 3. Ela se torna necessária, somente, se durante a eliminação das exceções de peças estiver que reprogramar as operações para eliminá-las. Isto é, se houver uma grande porcentagem de exceções de peças. Caso haja necessidade, é importante adotar um programa padrão para realizar a análise de carga. Ele deve conter uma distribuição média dos tipos de produtos e ser maior que qualquer programa que possa a vir a acontecer, sem, é lógico, ultrapassar a capacidade produtiva da fábrica.

aplicabilidade desta técnica é necessário que cada componente tenha um só código, para se ter uma lista de equipamentos mais abrangente.

Muitas destas informações podem ser obtidas das ordens de fabricação (OF) e das ordens de serviço (OS).

### iii) Vantagens e desvantagens da AFP

As principais vantagens e desvantagens, segundo CHRISTIANO (1989), são descritas abaixo:

#### a) Vantagens:

- 1) **Poucas exigências para a implantação:** Necessitamos apenas da seqüência de produção de cada peça e uma lista com os códigos das máquinas, processos e peças.
- 2) **Baixo nível de investimento:** Nenhum ou insignificante investimento se faz necessário já que as informações indispensáveis fazem parte da rotina normal da empresa. Apenas roteiros de fabricação e tempos confiáveis.
- 3) **Obtenção de resultados a curto prazo:** o trabalho de formação de família é rápido e a reestruturação pode ser feita imediatamente.
- 4) **Simple para utilização, manuseio e interpretação dos usuários:** Não há necessidade de especialistas, pois o trabalho a ser desenvolvido carece de uma compilação de dados e aplicação da metodologia, que é muito simples.
- 5) **Pode ser utilizado como fase inicial e preparação para o uso de codificação:** Depois de formadas as famílias de peças a empresa possui melhores condições técnicas para justificar um trabalho mais profundo de codificação.

**b) Desvantagens:**

- 1) **Não permite padronização e recorrência:** Não há um método para padronizar as peças (roscas) e ferramental e nem como reaproveitar desenhos já emitidos. Sendo assim, não é base para automação.
- 2) **Não favorece a integração entre projeto e fabricação:** É uma técnica a ser utilizada somente no chão-de-fábrica.
- 3) **Não se preocupa com o projeto de forma direta:** Pode haver, em uma mesma família diferentes formas geométricas que, coincidentemente, fazem uso das mesmas máquinas para serem produzidas. Sendo assim, é um pouco mais difícil reduzir *set-up* e familiarizar o operador com cada tipo de peça.
- 4) **Depende muito da qualidade do processo produtivo:** Para todas as peças desenvolvidas no chão-de-fábrica devem ser identificados todos os processos necessários e verificar se todos estão codificados, principalmente na ocorrência de mudanças no piso da fábrica.
- 5) E por outro lado, segundo MUKHOPADHYAY, S. K. & GOPALAKRISHNAN, A . (1995), a desvantagem da técnica AFP é que a eficiência do agrupamento depende da observação visual dos agentes de mudança.

**iv) Aplicabilidade**

As pequenas e médias empresas possuem uma estrutura simples e muitas das vezes centralizada, geralmente com o comando direto do proprietário ou de um líder. Inexiste uma organização formal e os sistemas de controle são elementares. Porém, muitas das vezes podem ser eficientes, em função do volume de produção, que é de pequeno e médio lotes.

Um exemplo de aplicação deste método é apresentado nas tabelas (2.8. e 2.9.). Parte de uma matriz inicial, que consta o número de peças e máquinas requeridas para processar cada peça, visando a formação de famílias.

(a) Antes do agrupamento

PEÇ MAQ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
										0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
T	x	x		x	x		x	x	x		x	x		x	x		x	x	x	x
FR1	x	x	x		x	x	x		x		x		x	x		x				x
FR2			x	x				x		x		x	x		x		x	x	x	
FU	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x		x	x	x		x
R	x	x	x	x		x			x			x	x		x			x		x

PEÇ = Número de peças; MAQ = Máquina; T= Torno; FR= Fresadora; FU= Furadeira e R = Retificadora

Tabela 2.8.: Peças e máquinas antes do agrupamento

Fonte: Adaptação de BURBIDGE (1989)

(b) Após o agrupamento

PEÇ MAQ	1	2	2	7	1	1	9	5	4	1	1	8	1	1	1	3	1	6	1	1
			0		1	4				8	2		7	5	9		3		6	0
T	x	x	x	x	x	x	x	x												
FR1	x	x	x	x	x	x	x	x												
FU	x	x	x	x	x	x														
R	x	x	x				x													
T									x	x	x	x	x	x	x					
FR2									x	x	x	x	x	x	x					
FU									x	x	x	x	x							
R									x	x	x			x						
FR1																	x	x	x	x
FR2																	x	x		x
FU																	x	x	x	x
R																	x	x	x	

PEÇ = Número de peças; MAQ = Máquina; T= Torno; FR= Fresadora; FU= Furadeira e R = Retificadora

Tabela 2.9.: Agrupamento de máquinas através da AFP.

Fonte: Adaptação de BURBIDGE (1989)

Como visto, a matriz inicial (tabela 2.8) consta o número de peças e máquinas requeridas para processar cada peça, permitindo a formação de famílias (tabela 2.9.).

Segundo SILVEIRA (1994), a AFP pode ser aplicada praticamente em qualquer problema de formação de família, pois oferece um método ordenado de condução de trabalho, sendo especialmente útil em grandes problemas. As etapas da AFP, podem concorrer com outros métodos: algoritmos, programação matemática e coeficientes de similaridade, requerendo também conhecimento aprofundado dos produtos, processos e operações produtivas, já que muitas das vezes dependem de avaliações subjetivas. Por estas técnicas serem manuais, o custo pode ser elevado em casos extensos (não é o caso de PME's), embora suas boas conduções possam levar a resultados superiores aos gerados por métodos puramente computacionais ou matemáticos.

#### v) Restrição

É um método que se restringe apenas a nível de produção, não abrangendo as fases de projeto do produto, ou seja, desenvolvimento de produtos e formação de famílias de peças através de sua forma geométrica.

## vi) Metodologia

A AFP consiste em três etapas básicas<sup>8</sup>, figura (2.1.1.):

Etapa 1: Análise do Fluxo entre Departamentos (AFD);

Etapa 2: Análise de Grupo (AG); e

Etapa 3: Análise de Linha (AL).

---

<sup>8</sup> Burbidge, desenvolveu a técnica AFP em quatro etapas sendo, a última etapa, conhecida como Análise de Ferramental. Ela não foi necessária neste trabalho a fim de simplificar a aplicabilidade da técnica para PME's produtivas. A saber, a Análise de Ferramental é desenvolvida pesquisando as peças em cada máquina do grupo e determinando a melhor seqüência de carga, buscando a diminuição dos tempos de preparação de máquinas. O carregamento é feito de forma a se usar primeiro a peça, requerendo o ferramental mais complexo.

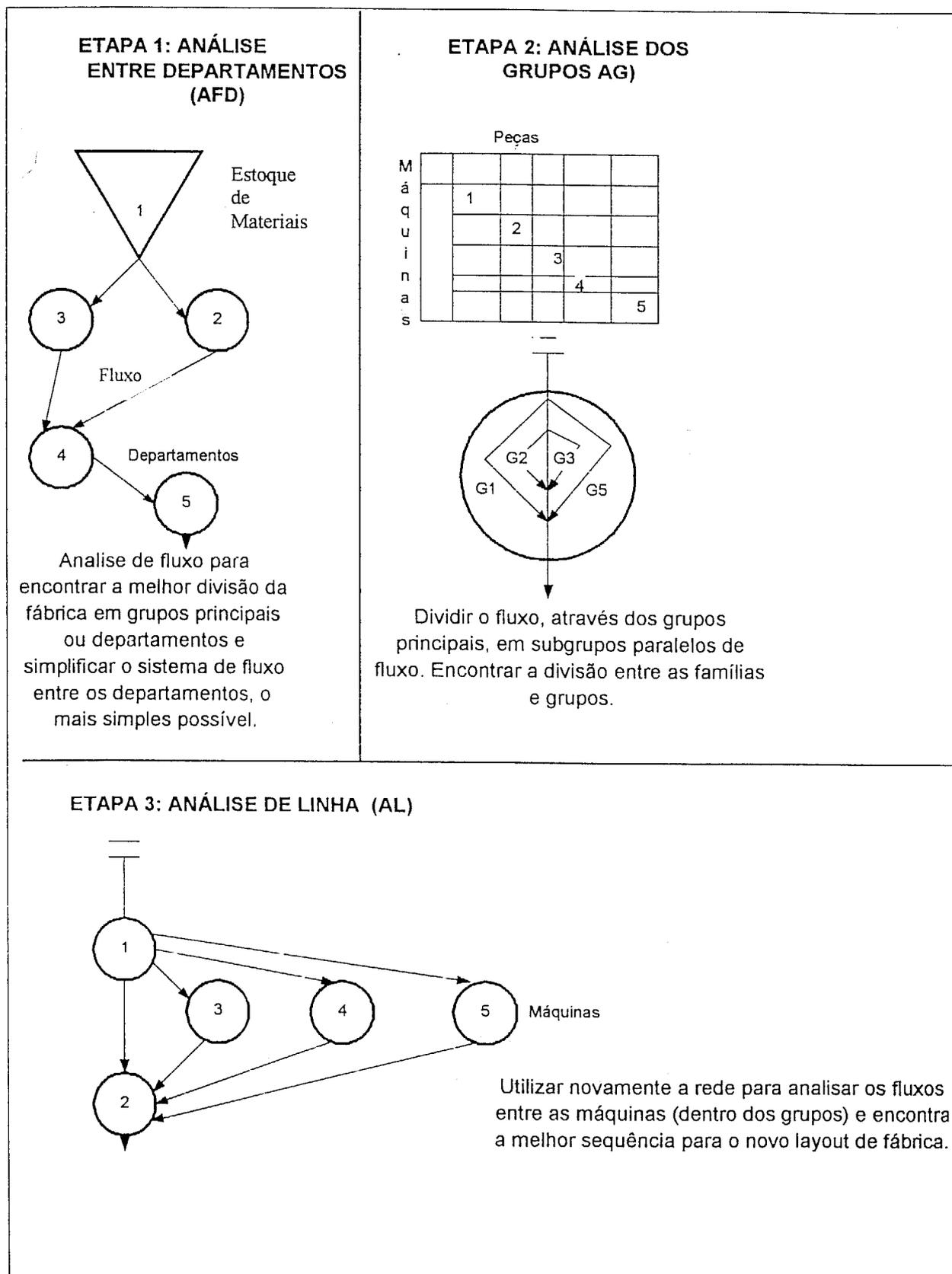


Figura 2.3.1.: Estágios para implantação da Análise do Fluxo de Produção (AFP)

Fonte: Adaptação de SÉRIO (1990).

## Etapa 1: Análise do Fluxo entre Departamentos (AFD)

A AFD tem como objetivo principal encontrar um fluxo de materiais entre os departamentos<sup>9</sup> para se obter um sistema simples e eficiente. Esta etapa tem como objetivos secundários:

- Um tipo de máquina/equipamento deve existir num único departamento, quando possível.
- Que cada peça deve ser totalmente fabricada, dentro de um único departamento, isto quando possível.
- Os processos quando incompatíveis devem ser separados.
- As seções produtivas devem receber o mínimo de material possível de outras fontes, além de enviá-lo para o número mais restrito de locais.

Segundo SÉRIO (1985) estes objetivos são incompatíveis entre si, não ocasionando um completo alcance. Eles propiciam um guia útil para decidir qual é a melhor maneira de simplificação dos fluxos, com o menor investimento em equipamentos e instalações.

Esta etapa é desenvolvida em 2 módulos:

- 1-Fluxo atual de produção; e
- 2-Simplificação do fluxograma básico:

---

<sup>9</sup> Departamento é uma unidade de processamento (seção produtiva) dentro do chão-de-fábrica. Por exemplo, podemos ter no chão-de-fábrica de uma empresa o departamento de corte, montagem, etc.

## Módulo 1: Fluxo atual de produção

Quatro passos foram desenvolvidos para que se possa desenvolver a análise do fluxo atual de produção: 1- encontro dos NFP (Número de Fluxo de Processo) e a elaboração da tabela de freqüência do NFP; 2- desenho do fluxograma básico; 3- Tabela ORIGEM/DESTINO; e 4- verificação da precisão dos dados<sup>10</sup>.

### 1- Encontro dos NFP e elaboração de sua tabela de freqüência

Consiste nos seguintes passos:

- 1) Divisão da fábrica em unidades de processamento (UP) e alocação dos equipamentos.
- 2) Entende-se como Unidade Produtiva (UP): seção ou departamento, como por exemplo, departamento de corte (1), laminação (2), forja (3), soldagem (4), usinagem (5), montagem (6), etc., conforme tabela (2.10.).

Departamentos/ processos	Código
Corte	1
Laminação	2
Forja	3
Soldagem	4
Usinagem	5
Montagem	6
Subcontratação	.9

Tabela 2.10.: Codificação de departamento

<sup>10</sup> Os dois últimos passos podem ser opcionais caso não haja nenhuma dúvida sobre a precisão dos dados. Eles podem ser desenvolvidos, também, caso queira confirmar a exatidão dos dados.

3) Determinação do NFP e sua frequência de utilização<sup>11</sup>: O número de fluxo de processo (NFP) é um código numérico que faz a listagem dos códigos de todas as unidades de processamento na seqüência correta em que são utilizadas na fabricação da peça. Por exemplo, o código 1234 significa um NFP para uma peça que começa no departamento 1 (corte), vai em seguida para o 2 (laminação), 3 (forjaria) e depois para o 4 (solda). **Mesmo ocorrendo três operações distintas, por exemplo no departamento 4, este será incluído apenas uma vez na tabela de frequência de NFP (2.11.).**

NFP	No.	NFP	No.	NFP	No.
1234	1	154	3	4146	2
126	8	1546	1	4156	1
1324	1	154956	1	426	1
1326	1	156	42	4546	1
134	3	1564	1	456	7
1356	3	15956	1	46	46
136	18	16	1	54	4
14	131	26	28	56	120
151326	1	3126	1	5956	1
1526	3	34	1	596	1
15356	1	356	1	6	59
1536	2	36	12	9636	1
					510

Tabela 2.11.: Frequência do NFP

## 2- Desenho do fluxograma básico

A tabela de frequência do NFP (2.11.) fornece os dados necessários para desenhar o fluxograma atual do fluxo de material da fábrica (figura 2.4.). Primeiro é feito um triângulo no topo de um papel em branco. Este triângulo representa a área

<sup>11</sup> Caso a empresa utilize ordem de fabricação (OF), a determinação da frequência do NFP torna-se mais fácil. Basta associar um NFP a cada OF existente na fábrica e contar o número de peças diferentes para cada NFP e computar estes dados em uma tabela.

Além disso, pela análise da tabela de frequência de NFP, as exceções podem ser identificadas. As exceções são todos os componentes com o NFP complexo que não se enquadram no fluxograma básico simplificado. Existem cinco formas de eliminá-las: 1-replanejar operações que utilizem máquinas que sejam exceções, por estarem fora do grupo principal, para outras máquinas já pertencentes ao grupo principal de tipo semelhante; 2-realocação de equipamentos entre grupos principais; 3-mudar o método; 4-mudar o projeto; 5-comprar a peça em vez de fabricar.

de estoque de materiais. Em seguida são feitos círculos numerados para representar cada departamento. O último círculo representa a montagem. Cada NFP é examinado e são desenhadas setas entre círculos para indicar o fluxo de peças entre os departamentos. **Este procedimento deverá ser feito com todas as peças listadas na tabela de freqüência de NFP.**

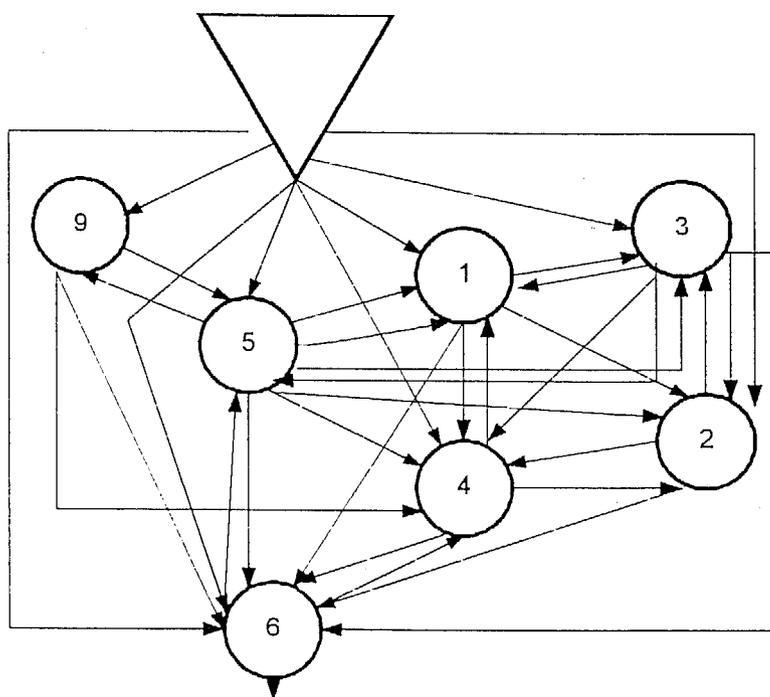


Figura 2.4.: Fluxograma básico

Fonte: Adaptação do BURBIDGE (1989)

### 3- Tabela ORIGEM/DESTINO

Cada par de dígitos em um NFP representa uma "rota de fluxo" entre os processos. Assim, para encontrar o número de peças diferentes que segue cada rota de fluxo, deve-se localizar as rotas de todos os NFP's e somar o número de peças listadas nestes NFP's. Por exemplo, a rota de fluxo de (1) para (2) ocorre em três NFP's, que contêm um total de 10 peças: NFP 1234 = 1; NFP 126 = 8; NFP 3126 = 1; TOTAL = 10. Veja a tabela (2.12.).

#### 4- Verificar a precisão dos dados

Para verificar a precisão dos dados deve-se analisar se as informações contidas nas tabelas de freqüência de NFP (2.11.) e de ORIGEM/DESTINO (2.12.) são coerentes.

		ORIGEM								
		1	2	3	4	5	6	9	Total	
DESTINO	Código									
	Processo									
	1	Corte		10	27	133	57	1	...	228
	2	Laminação	...	...	1	1	...	43	...	45
	3	Forja	1	3	...	5	5	32	...	46
	4	Soldagem	3	1	...	...	8	50	1	63
	5	Usinagem	1	3	3	10	...	80	3	100
	6	Montagem	...	...	...	1	1	...	...	2
	9	Subcontratação	...	...	...	...	3	2	...	5
	total	5	17	31	150	74	198	4	...	

Tabela 2.12. ORIGEM/DESTINO

Portanto, para o desenvolvimento do módulo 1 foi necessário: encontrar os NFP, fazer a tabela de freqüência de NFP e desenhar o fluxograma básico. Com isto, através dos fluxos de materiais atuais do chão-de-fábrica, uma análise pode ser feita.

#### Módulo 2: Simplificação do fluxograma básico

A simplificação do fluxograma básico consiste em especificar as restrições, isto é, quais departamentos (UP) não devem ser unidos por existir incompatibilidade de processos. Isto por política da empresa ou questões econômicas. Cabe estabelecer como a simplificação do fluxo de materiais será dividida em estágios. Os estágios são os diversos processos agrupados de tal forma que as peças, após serem fabricadas, não retornem ao estágio anterior.

Por outro lado, se não houver uma união de UP's a lista de departamentos será a mesma dos grupos principais, segundo SÉRIO (1985).

Para a simplificação devemos desenvolver os seguintes passos:

- a) Desenhar o fluxograma predominante;
- b) Simplificar por combinação.

a) *Desenhar o fluxograma predominante*

Através do desenvolvimento do fluxograma predominante teremos uma primeira simplificação do fluxo da produção. Sendo assim, uma pequena porcentagem do número total de NFP irá corresponder a uma maior porcentagem do número total de peças (Lei de Pareto).

Assim, para desenhar o fluxograma predominante necessitamos de:

1. Determinar os NFP pelos quais passam o maior número de peças, listando uma *tabela de freqüência de NFP em ordem decrescente* (Tabela 2.13.).

NFP	No.
14	131
56	120
6	59
46	46
156	42
26	28
136	18
36	12
126	8
456	7
54	4
134	3
1356	3
1526	3
154	3
1536	2
4146	2
1234	1
1324	1
1326	1
151326	1
15356	1
1546	1
154956	1
1564	1
15956	1
16	1
3126	1
34	1
356	1
4156	1
426	1
4546	1
5956	1
596	1
9636	1

Tabela 2.13.: Freqüência do NFP em ordem decrescente

Observar quais peças produzidas têm maiores fluxos e são mais importantes, ou seja, as principais peças fabricadas. Elas devem corresponder a uma X

porcentagem do total de peças e serem cobertas, também, por uma Y porcentagem total de NFP.

As peças sem relevância são incorporadas (não totalmente) na simplificação por combinação na próxima etapa e serão denominadas de restos.

2. Desenhar o fluxograma predominante, (figura 2.5.), com a utilização da porcentagem de NFP mais importantes (tabela 2.1.4).

NFP	No. Peças
14	131
56	120
6	59
46	46
156	42
26	28
136	18
Total	444

Tabela 2.14. : Fluxograma predominante

Pode ser concluído que 7/36 NFP's (19,4%) correspondem a 444/510 peças (87%).

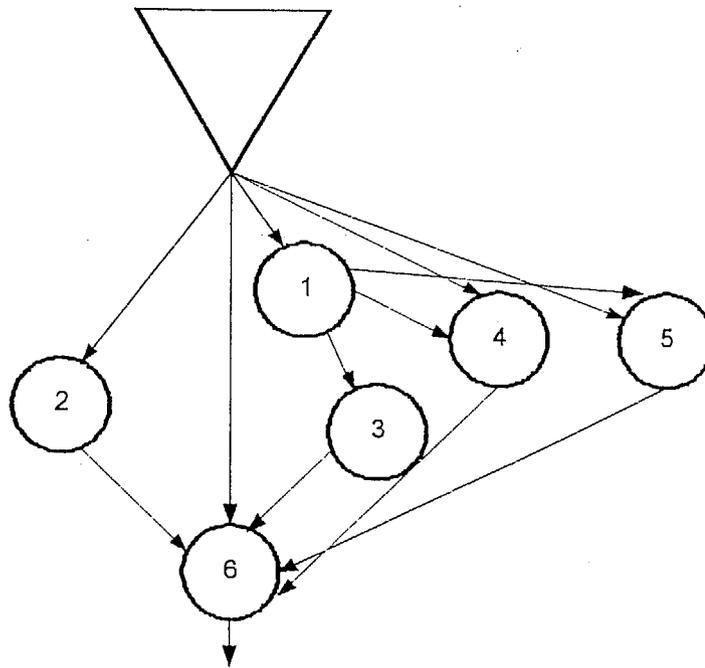


Figura 2.5.: Fluxograma predominante  
Fonte: Adaptação de BURBIDGE (1989)

#### b) Simplificação por combinação

Terminada a fase anterior, o próximo passo é verificar quais NFP's se enquadram no fluxograma predominante. Estes NFP's são listados e somados aos NFP's anteriores, assim como as peças. E com base nestes dados, é feito um remodelamento mais simplificado do fluxograma predominante, através de combinações de alguns departamentos, para a obtenção do fluxograma predominante simplificado.

Três etapas são necessárias para o alcance da simplificação por combinação:

- Deve ser verificado quais NFP's **não se enquadram ou que não contêm as principais peças fabricadas no fluxograma predominante** na tabela de frequência de NFP's em ordem decrescente (Tabela 2.13.). E uma *listagem de NFP's que não se*

enquadram no fluxograma predominante tem que ser elaborada (Tabela 2.15.).

NFP	No. Peças
126	8
134	3
16	1
34	1
36	12
Total	25

Tabela 2.15.: Listagem de NFP's que não se enquadram no fluxograma predominante

- Devem ser incorporados aos NFP's, **que correspondem a uma porcentagem de peças do total (as principais peças fabricadas)**, os NFP's encontrados na listagem acima (tabela 2.15.), na tabela de frequência de NFP em ordem decrescente (2.13.). Isto para que seja montada a *tabela de NFP para simplificação do fluxograma predominante*, figura 2.6.

Portanto, 12/36 NFP's (33%) correspondem a 469/510 peças (92%).

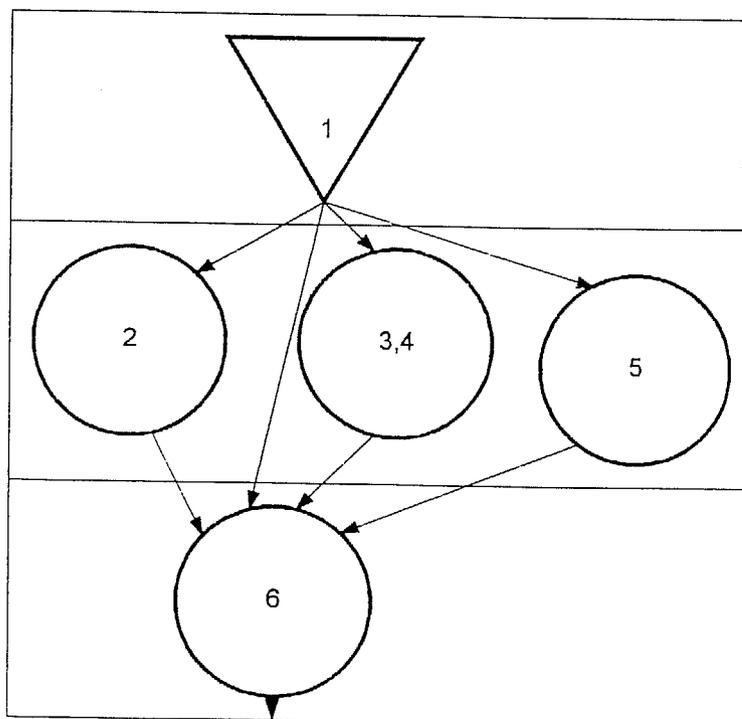


Figura 2.6.: Fluxograma predominante simplificado  
Fonte: Adaptação de BURBIDGE (1989)

- Por fim, é importante combinar, mover ou separar departamentos para simplificar o fluxograma predominante, conforme a compatibilidade entre os processos da empresa.

Por exemplo em um caso complexo, onde muitas peças provenientes do departamento de prensa passam por pintura ou cromagem e as instalações, onde estas peças são concluídas, são altamente mecanizadas e inadequadas para uma divisão entre departamentos, deve-se criar uma solução mais adequada, um estágio intermediário entre o processamento de peças e a montagem, denominando-o de finalização.

Segundo SÉRIO (1985) após ter concluído a primeira etapa e encontrado um fluxo ideal e otimizado entre os principais grupos, torna-se necessário instruir todos os operários para que seja oficializado e padronizado o fluxograma predominante

simplificado. Além disso, para assegurar este processo de reestruturação é importante estabelecer meios de controle.

## **Etapa 2: Análise de Grupo (AG)**

A segunda etapa da Análise do Fluxo de Produção (AFP) é a análise de grupo (AG). Quatro pontos foram desenvolvidos: 1- Introdução sobre AG ; 2- Objetivos da AG; 3- Dados/informações necessários para a AG e 4-Passos para implantar a AG - 4.1. Formação de Módulos e 4.2. Formação de Grupos.

### **1. Introdução sobre a AG**

A análise por grupo consiste em uma matriz, na qual são marcadas as máquinas utilizadas para a elaboração de cada peça. As máquinas e/ou peças são trocadas de posição até que sejam constituídas as famílias e os seus respectivos grupos.

É utilizada para dividir as peças alocadas em cada grupo principal em pequenos grupos, de forma que cada família de peças seja totalmente processada em apenas um grupo. Cada grupo é provido de todas as facilidades necessárias à fabricação das peças.

O objetivo principal é buscar uma divisão mais eficiente dos grupos principais em grupos de dimensões adequadas.

Para o desenvolvimento desta etapa é necessária que a codificação de todas as peças e máquinas já tenha sido estabelecida na empresa.

### **2. Objetivos da AG**

A AG tem como objetivos principais formar grupos que:

1. finalizem todas as peças neles envolvidos;
2. possuam condições de realizar suas tarefas;

3. usem da instalação existente, sem que haja necessidade de aquisição de novas máquinas; e
4. utilizem o método de produção existente, fazendo pequenas alterações apenas para eliminar exceções.

Vantagens podem ser percebidas quando adota-se a AG:

1. redução no tempo de espera das máquinas;
2. redução no tempo de montagem das peças;
3. melhoria da qualidade;
4. redução dos custos; e
5. base sólida para o desenvolvimento da automação.

Estas vantagens podem ser obtidas com os grupos encontrados na AG, que estão baseados somente nos quatro objetivos citados.

Porém, existem dois outros objetivos não aceitos pela AG:

1. *As peças que são similares na forma e função devem ficar juntas:*
2. *O método de produção deve ser otimizado antes da formação de grupos.*

Isto porque no objetivo (1) é bem provável que as peças que possuem forma e função serão organizadas em grupos diferentes, caso sejam de diferentes tamanhos, diferentes tipos de materiais e com quantidades requeridas diversificadas.

Por outro lado, o objetivo (2) pode entrar em conflito com os dois últimos objetivos adotados na AG, descritos anteriormente. Este sugere que é mais seguro realizar a mudança dos grupos antes do planejamento de novos métodos.

Os objetivos que não são aceitos pela AG podem ser adotados por outras técnicas mais recentes de Tecnologia de Grupo.

### 3. Dados / informações necessários para AG

Como relatado, a AG necessita de uma listagem de codificação: de peças fabricadas em cada departamento, das máquinas e métodos utilizados. Nesta etapa a empresa já deve ter codificado a maioria dos dados que necessita:

- peças: código da peça, nome da peça, tipo de material e forma da peça;
- máquinas: código de cada tipo de máquina, nome, localização, quantidade de máquinas do mesmo tipo, ou seja, em tamanho, função e capacidade produtiva (**N**), número de diferentes peças com uma ou mais operações em cada tipo de máquina (**F**), número de peças com operações em cada máquina (**f**) e a classificação **SICGE**, descrita logo a seguir.
- métodos: código da operação, código e nome do tipo de máquina utilizada em cada operação. O tempo de operação por peça produzida só deverá ser medido se houver muitas exceções de peças.

Para a **classificação SICGE** as máquinas tem que ser classificadas não apenas pelo seu tipo, mas também dentro de uma das cinco categorias a seguir:

- Categoria Especial ( S ) = Há apenas uma máquina de cada tipo. (N=1). Elas são usadas para operações especiais que possam ser realizadas apenas neste tipo de máquina. Como existe uma máquina deste tipo ela pode ser instalada apenas em um grupo.
- Categoria Intermediária (I) = Estas máquinas são similares as da categoria S, mas há mais de uma de cada tipo (N>1). A maioria será instalada apenas em um grupo, mas algumas poderão ser solicitadas em mais de um.
- Categoria Comum ( C ) = Há, normalmente, mais de uma máquina nesta categoria (N>1). Elas são usadas para operações em diferentes peças e são requeridas em dois ou mais grupos.
- Categoria Geral ( G ) = Geralmente há apenas uma ou um pequeno número deste tipo de máquina. Elas são usadas para operações em grande número de peças ou podem ser de uso perigoso, necessitando precauções no seu manuseio. Desta forma, devem ser instaladas em estágios separados, ou seja, no início ou no fim do processo produtivo ou no centro de serviço (onde é feita a preparação do material) útil para os outros grupos, em função das dificuldades de serem implantadas em um grupo.
- Categoria de Equipamentos (E) = Esta categoria é usada para pequenas máquinas de bancada e em outros equipamentos de operações manuais. Elas não são importantes o suficiente a ponto de influenciarem o fluxo de fabricação, são de baixo custo e além disso, podem ser fornecidas facilmente para qualquer grupo.

Um algoritmo, figura (2.7.), é usado para classificar cada tipo de máquina no chão-de-fábrica.

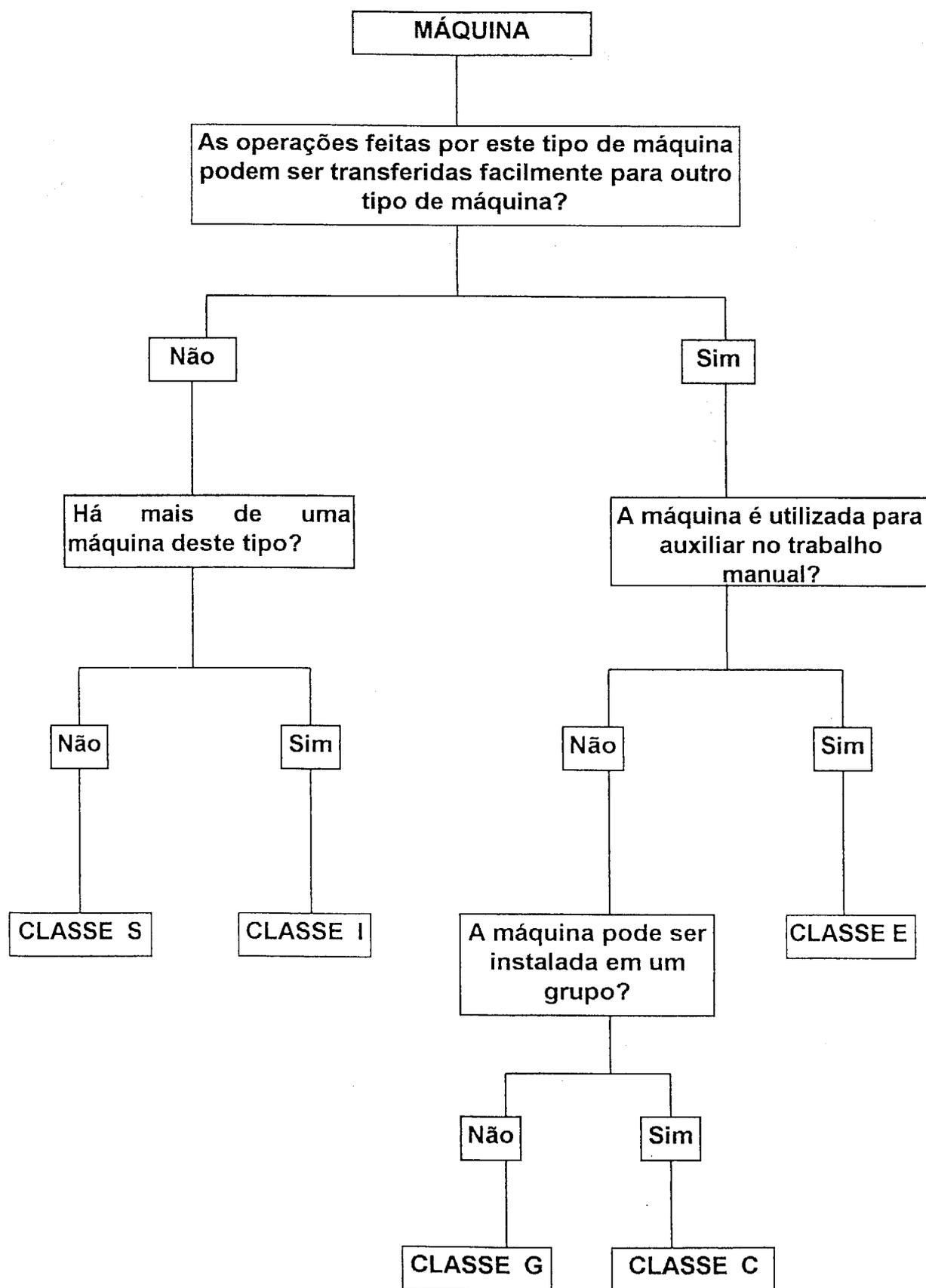


Figura 2.7.: Classificação do tipo de máquina

Fonte: Adaptação de BURBIDGE (1989)

Para classificar cada tipo de máquina é necessário um determinado tempo pois, tem que fazer um levantamento de dados das máquinas e analisar no algoritmo.

#### **4. Passos para implantar a AG**

Existem dois passos principais necessários para a implantação da AG:

1. Formação de módulos; e
2. Formação de grupos.

##### **4.1. Formação de módulos**

O básico nesta etapa é desenvolver uma matriz relacionando peças e máquinas. Cada departamento é ilustrado, mostrando o percurso de todas as peças fabricadas nas respectivas máquinas utilizadas.

Normalmente na matriz, as máquinas são listadas em uma seqüência numérica do tipo de máquina e as peças em uma seqüência numérica de peça. É sempre possível encontrar uma divisão em grupos e famílias, reordenando a seqüência na qual peças e máquinas são listadas, admitindo que as máquinas de um tipo, usadas em mais de uma operação, são numeradas apenas na primeira vez. As operações manuais (marcação, rebarbação, inspeção) são numeradas caso sejam utilizadas máquinas especiais. Geralmente uma pequena porcentagem de peças (exceções) não se ajusta aos novos grupos e podem ser eliminadas.

Desta forma, a AG é baseada na formação de pequenos módulos fundamentados em uma série de máquinas-chave. *Cada módulo consiste em um conjunto de peças e máquinas envolvidas entre si.* Com a formação de módulos, existe uma grande probabilidade de que as peças contidas em cada módulo se

ajustem em um grupo comum. Posteriormente, os módulos são combinados para a formação dos grupos.

A formação de módulos consiste nos seguintes passos:

- 1) Tabela de máquinas;
- 2) Matriz peça /máquina;
- 3) Listagem de Máquinas-Chaves (LMC);
- 4) Tabela do Módulo Resumido;

#### 1) Tabela de Máquinas:

Para elaboração desta tabela são necessários dados e informações desenvolvidos, no item 3: código de máquina, nome da máquina, categoria SICGE e N, principalmente.

Através da análise da tabela são identificadas quais máquinas são iguais e quais executam operações comuns, a fim de descobrir, também, quais máquinas podem ser substituídas por outras do mesmo tipo.

Portanto, um mesmo código deverá ser atribuído para as máquinas que são iguais e substituem outras do mesmo tipo.

Desta forma, um agrupamento de máquinas começa a ser elaborado. Cada agrupamento é chamado de **módulo**. *Sendo assim, cada módulo consiste em um conjunto de máquinas que contém o mesmo código.* A tabela de máquinas (figura 28.) é constituída, conforme a exemplificação a seguir:

Mod No.	Código Máq.	Nome Máq.	N	SICGE
O8	231202	Mandril	1	S
24	O60210	Esmerilhadora	1	S
25	O60901	Rebolo	1	S
26	O40409	Laminadora	1	S
26	O40607	Gravadora	1	S
29	O60301	Esmerilhadora	2	I
30	130104	Fresadeira	3	I
31	O40606	Pantógrafo	2	I
43	O50101	Broqueadeira	2	I
45	O10125	Torno	1	C
56	O60202	Esmerilhadeira	4	C
57	O10105	Torno	4	C
58	O10123	Torno	1	C
61	O40512	Laminadora	2	C
68	O10119	Torno	2	C
69	O50902	Furadeira	2	C
70	O40510	Laminadora	2	C
71	O40504	Laminadora	6	C
73	O10126	Torno	7	C

Figura 2.8.: Tabela de máquinas

Fonte: Adaptação de BURBIDGE (1989)

## 2) Matriz Peça /Máquina

Para elaboração da matriz peça/máquina utiliza-se os códigos de todas as peças e todas as máquinas.

Na etapa anterior todas as máquinas foram formadas em módulos. Seqüencialmente, uma matriz que relaciona todas as peças que passam por cada tipo de máquina, ou seja, em cada módulo, é constituída. Para isto, basta computar um X quando determinada peça for transformada em determinada máquina.

Conforme a tabela exemplificada na figura (2.9.), pode-se encontrar na matriz o número de diferentes peças com operações em cada tipo de máquina (**F**). Para isto, é necessário fazer o somatório de cada linha. Além disso, encontra-se também o número de peças com operações em cada máquina (**f**), obtido pela verificação do fluxo das peças em cada coluna.

Cod. Máq.	231	O60	O60	O40	O40	O60	130	O40	O50	O10	O60	O10	O1	O40	O10	O50	O40	O40	O10	F
Cód. Peça	202	210	901	409	607	301	104	606	101	125	202	105	123	510	119	902	510	504	126	
28947273	x							x				x								3
28948636	x															x		x		3
28949279	x																	x		3
28949303	x														x			x		2
28949428	x	x			x								x							5
38444311	x		x	x			x		x	x				X			x		x	9
39454095	x																			1
39454624	x																			1
39454731	x					x					x									3

Figura 2.9.: Tabela de matriz peça/máquina

Fonte: Adaptação de BURBIDGE (1989)

### 3) Listagem de Máquina-Chave (LMC)

Cada módulo está baseado numa máquina-chave. As máquinas-chave são encontradas através de um arranjo especial, conhecido como "listagem de máquinas-chaves".

Esta relação lista todas as categorias/classes de máquinas (S,I,C,G e E) **uma atrás da outra, nesta seqüência**. Dentro de cada categoria, as máquinas estão relacionadas em **ordem crescente dos valores de (F)**.

As máquinas-chave são selecionadas na seqüência para formação dos módulos, iniciando com a máquina classe S, que tem o menor valor de (F).

Dados da tabela de máquina (2.8.) e o F da tabela de matriz de peça/máquina (2.9.) são necessários para elaborar a tabela de LMC, figura (2.10.),

Modulo	Máquina - chave		SICGE	N	F
	Código	Nome			
1	O40902	Furadeira	S	1	...
2	130102	Fresadeira	S	1	...
3	O10102	Torno	S	1	...
4	130301	Fresadeira	S	1	...
5	O80301	Plaina	S	1	1
6	O60104	Esmerilhadora	S	1	2
7	O40906	Furadeira	S	1	2
8	O40605	Laminadora	S	1	2
9	O10101	Torno	S	1	3
10	O40603	Laminadora	S	1	4
11	O60102	Esmerilhadora	S	1	5
12	O40604	Laminadora	S	1	5
13	130401	Fresadeira	S	1	6

Figura 2.10.: Tabela de listagem de máquina-chave (LMC)

Fonte: Adaptação de BURBIDGE (1989)

#### 4) Tabela de módulo resumido

A tabela de módulo resumido, figura (2.11.) lista todos os módulos, máquinas (código e nome), N.F, SICGE e o número de peças com operações em cada máquina (f).

Para o desenvolvimento desta etapa é necessário a interação da tabela de listagem de máquinas-chave (fig. 2.10.) com a tabela de matriz peça/máquina (fig. 2.9.). Esta relação permitirá a localização de qual módulo vem as peças, preenchendo a linha referente a cada módulo.



Assim, as máquinas-ferramenta são alocadas a estes grupos, sendo divididas entre eles em proporção ao número de peças de cada grupo ( $\Sigma f$ ) e ao número de máquinas de cada tipo ( $N$ ).

Caso existam peças exceções, elas terão que ser replanejadas para que se ajustem a um grupo ou serem compradas, ao invés de fabricadas.

É provável que a chave para o sucesso da formação de grupos seja a re-alocação de operações. As estimativas indicam que mais de 50% das operações alocadas em máquinas de classe C podem, na maioria das fábricas, ser re-aloçadas em máquinas similares, sem perda de eficiência no processo produtivo.

Quando há mais de uma máquina de um mesmo tipo, os operários preferem alocar novos trabalhos à melhor máquina. Desta forma, esta máquina torna-se sobrecarregada, fazendo com que exista uma necessidade de re-alocar parte deste trabalho à outra máquina similar, menos carregada.

Dois passos para efetuar o método de formação de grupos são necessário:

Passo 1: Planejar os grupos e escolher os núcleos; e

Passo 2: Selecionar os grupos.

Passo 1: Planejar os grupos e escolher os núcleos

Tem como objetivo principal quando se forma grupos, encontrar famílias de peças que possam ser finalizadas por apenas um grupo, ou seja, por um conjunto próprio de máquinas.

Existem fatores que conduzem um par de módulos a formar grupos e famílias:

1. Quando eles usam muito as mesmas máquinas;
2. Quando ambos usam a mesma máquina tipo S;
3. Quando ambos usam o mesmo tipo e/ou forma do material (aço, alumínio, barra, tubo, chapa, etc.)
4. Quando as peças contidas nestes módulos têm as mesmas formas básicas e ou funções.

Desta forma, quando se conhece os tipos de peças que são produzidas, torna-se mais fácil escolher os grupos e encontrar os conjuntos de módulos prováveis para a formação dos núcleos destes grupos, isto é exemplificado a seguir:

- 1) Grupo de máquinas pesadas: componentes feitos de chapas de aço, soldadas, caixas de aço, etc.

Os núcleos destes grupos podem ser formados por módulos compostos por máquinas-chave: laminadoras planas, máquinas de perfuração horizontal, retificadoras, etc.

- 2) Grupo de máquinas rotacionais: fabricação de grandes peças circulares como anéis, rodas, discos, etc.

Os módulos são baseados em máquinas de perfuração vertical ou grandes furadeiras radiais, etc.

- 3) Grupo de engrenagens: estas peças são geralmente feitas em máquinas especiais para este propósito, como fresas.

É fácil encontrar módulos adequados para formar o núcleo deste grupo;

- 4) Grupo de torno: módulos que possuem tornos como máquinas-chave provavelmente formarão núcleos adequados para este grupo.

## Passo 2: Selecionar os grupos

A seleção de grupo de máquinas é desenvolvida através da combinação de módulos, utilizando-se a tabela do módulo resumido, figura 2.11.

Porém, antes da formação de grupos é necessário o conhecimento todo o processo produtivo da empresa. Para isto deve-se:

1. Verificar os  $f$  de cada módulo para formar os grupos. ( $F = \bigcap (f)$ );
2. Encontrar grupos que são baseados em módulos de Classe S e I e selecionar estes módulos como núcleos;
3. Selecionar grupos que são baseados em módulos de Classe C ou alocar estes módulos a outros grupos existentes;
4. Procurar módulos de Classe G e E para formar grupos adicionais ou remover estes módulos para grupos que já foram formados;
5. Os grupos podem se unir, desde que haja compatibilidade entre os módulos.

A figura 2.12 (a e b) demonstra um exemplo de implantação da etapa Análise por grupo, onde as famílias de peças e agrupamento de máquinas são arranjados.





### Etapa 3: Análise de linha (AL).

O principal objetivo da análise de linha é fornecer informações necessárias a fim de que possa ser elaborado um melhor arranjo da seqüência de máquinas. Isto deverá resultar em uma solução mais próxima do arranjo em linha, dentro dos grupos.

A técnica AL é bastante similar a primeira etapa, Análise do Fluxo entre os Departamentos – AFD, pois ambas utilizam diagramas em rede para análise do fluxo de produção e se iniciam pelo sistema de fluxo de produção atual.

Dois passos básicos devem ser seguidos a fim de obter o arranjo de máquinas mais próximos de linha:

1. Estudo do sistema de fluxo existente; e
2. Planejamento do *layout* existente.

#### 1. Estudo do sistema de fluxo existente

Para que possa ser efetivado um estudo do sistema de fluxo existente três passos básicos devem ser seguidos:

##### a - Codificação das máquinas dentro dos grupos

Para cada máquina ou acessório, dentro do grupo, deve ser atribuído um código de identificação. Utilizar a tabela do módulo resumido (figura 2.11) a fim de agrupar as máquinas.

##### b - Encontrar a freqüência do número de fluxo de operações (NFO):

A cada peça feita dentro de um grupo é encontrada a freqüência do NFO. Assim, dentro de cada grupo deve ser listado: os módulos, os códigos das máquinas e computado a quantidade de máquinas. Depois, o NFO em cada módulo e a

quantidade de peças (f) que percorrem os módulos devem ser calculadas. A tabela de módulo resumido (figura 2.11) deve ser utilizada para desenvolver esta etapa.

### c - Desenhar fluxograma

Para mapear o fluxograma<sup>12</sup>, cada círculo deve representar um módulo e ser numerado com um código numérico apropriado. O primeiro triângulo simboliza, o estoque de materiais, enquanto que o quadrado figura os grupos. O último triângulo reproduz as peças prontas para a montagem.

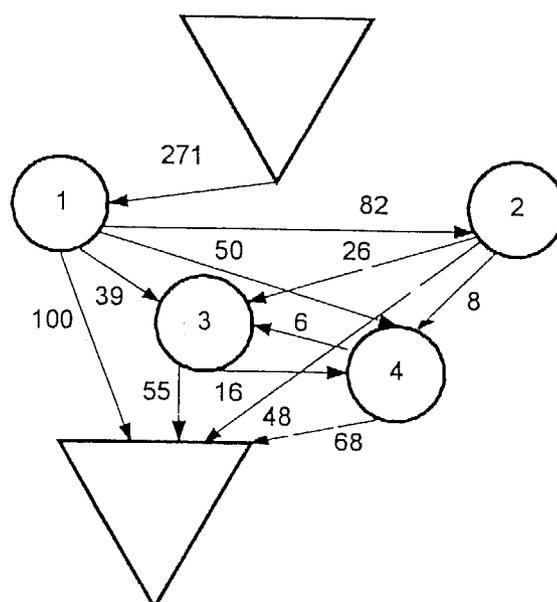


Figura 2.13.: Fluxo de produção nas máquinas

Fonte: BURBIDGE (1989)

<sup>12</sup> A tabela de origem/destino pode ser opcional. Na AFD foi demonstrado sua finalidade e como é elaborada, caso queira ser utilizada.

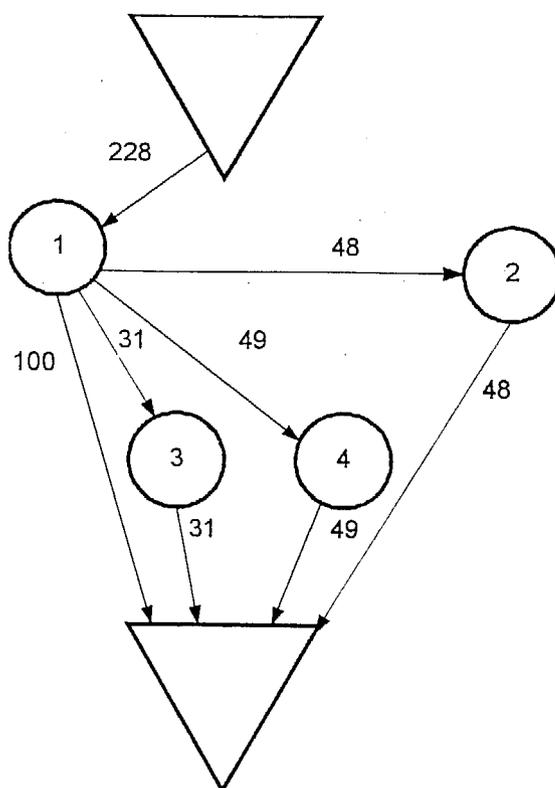


Figura 2.14.: Fluxo de produção após aplicar a Análise de Linha

Fonte: BURBIDGE (1989)

Comparando as figuras 2.13 e 2.14<sup>13</sup>, pode se observar que o fluxo entre as máquinas dos grupos foi simplificado. Assim, uma melhor seqüência do *layout* pode ser elaborada. Os próximos itens relatam como fazer o planejamento do *layout* existente para que possa ser definido o novo *layout* de fábrica.

## 2. Planejamento do *layout* existente.

O *layout* de instalação pode ser definido como um arranjo físico, existente ou planejado, em empresas manufaturadas. Para o seu planejamento, alguns fatores a seguir devem ser considerados:

<sup>13</sup> Este capítulo não tem como objetivo desenvolver cada etapa da Análise do Fluxo de Produção, e sim, apresentá-las. No próximo capítulo a técnica AFP é simplificada e desenvolvida, em passos, a fim de que se possa aplicar em PME's produtivas.

- fluxo de material e manuseio;
- carga e descarga de máquina;
- localização de máquina;
- manutenção;
- segurança;
- limpeza;
- distribuição de energia;
- recursos humanos;
- estocagem de ferramentas.

Portanto, o planejamento dos três primeiros fatores pode ser essencial para a eficiência do *layout* de instalação.

Para fazer um planejamento do *layout* atual é necessário :

- a. planejar espaço físico necessário para departamentos e grupos;
- b. aperfeiçoamento do *layout*; e
- c. desenho do novo *layout*. proposto.

a - Planejamento do espaço físico para departamentos e para grupos

a.1. - Planejamento do espaço físico para departamentos

O planejamento do espaço físico inicia-se com um *layout* de ensaio baseado nos departamentos existentes. Caso o *layout* de ensaio indique necessidade de mudança do espaço alocado para um departamento, os ajustes necessários devem ser feitos e novos limites territoriais deverão ser especificados.

Para tanto, algumas limitações devem ser consideradas:

---

- o projeto do pavimento das instalações;
- necessidade de manter um sistema simples de manuseios na fábrica, com linha direta de fluxo dentro das instalações entre as principais portas de acesso, elevadores e escadas;
- necessidade de posicionar máquinas pesadas em locais de fácil acesso aos guindastes e empilhadeiras;
- necessidade de alocar processos, que requeiram eliminação de pó e fumaça, próximos às paredes externas.

#### a.2. - Espaço para grupos

Após a escolha do território a ser alocado os departamentos é necessário utilizar novamente um *layout* de ensaio para encontrar a área física, necessária para cada grupo.

A forma do espaço alocado por grupo ( quadrado ou retangular ) vai depender da construção da instalação, particularmente da distância entre as colunas e a posição das portas e outras passagens.

A posição dos grupos é geralmente imposta pela necessidade de manuseio de peças e materiais.

#### b - Aperfeiçoamento do layout

Utiliza-se o *layout* de ensaio de forma grosseira apenas para a avaliação das áreas. As observações a seguir listam alguns pontos que devem ser considerados no planejamento do *layout* final:

1) *Alocar espaço para estoque intermediário de materiais e de peças concluídas: a área necessária para estes itens depende do tamanho do lote, do tamanho dos containers e se as prateleiras são utilizadas para estocagem;*

2) *Organizar máquinas de operações iniciais e finais próximas às áreas de estoque de materiais e peças concluídas, respectivamente:* o layout deve ser organizado de forma a facilitar a movimentação de materiais nas áreas de estocagem;

3) *Colocar em linha máquinas usadas em seqüência:* uma seqüência comum de máquinas que produzem peças em grupo é mais uma exceção que uma regra. As peças feitas na maioria dos grupos usam uma variedade distinta de combinações de grupos de máquinas em diferentes seqüências. O fluxo total em linha é apenas possível em poucos casos, onde simples produtos são feitos através de simples processos com um pequeno número de operações. Nestes casos, as máquinas devem ser dispostas em seqüência.

4) *Carga / descarga de máquinas:* em departamentos onde todas as máquinas são operadas manualmente, o fluxograma feito pela análise de linha fornece a principal informação necessária para o planejamento do *layout* das máquinas. Caso algumas máquinas tenham ciclos automáticos de fabricação ( carga e descarga no início e fim de cada ciclo ), é provável que um operário trabalhe com uma ou mais máquinas. Para tanto, existem quatro métodos possíveis para este operário utilizar:

1. todas as máquinas são do mesmo tipo, cada uma produzindo uma peça diferente;
2. todas as máquinas são do mesmo tipo, todas trabalham com o mesmo número de peças, geralmente, fazem a mesma operação;
3. máquinas de tipos diferentes, cada uma produzindo uma peça diferente;
4. máquinas de tipos diferentes, todas trabalham com as mesmas peças em seqüência, cada máquina executando operações diferentes.

Um fator importante a ser observado é que o tempo de operação deve ser superior ao tempo de carregamento das máquinas.

c. desenho do novo *layout*. proposto

Este é o último passo para a implantação da técnica AFP. Após o desenvolvimento de todas as etapas da AFP um novo *layout* de fábrica pode ser implementado, para se obter a otimização do fluxo de produção no chão-de-fábrica.

## Capítulo 3 - A pesquisa empírica

### 3.1. Introdução

Este capítulo tem como principal objetivo adaptar e desenvolver uma aplicação da técnica Análise do Fluxo da Produção (AFP), apresentada no capítulo 2, e aferir seus resultados em uma pequena indústria moveleira.

Os dados e informações necessários e confiáveis para o desenvolvimento teórico da técnica foram obtidos através de entrevistas informais com proprietários e operários.

Cabe notar, que a literatura existente sobre o tema e até mesmo sobre a aplicação prática da técnica é muito restrita. O presente trabalho tenta contribuir com o desenvolvimento simplificado da técnica AFP, para a elaboração de um método simples e de baixo custo para as PME's produtivas, a fim de agrupar peças e máquinas e tornar o fluxo de produção mais otimizado e eficiente.

Desta forma, o capítulo foi estruturado de forma a facilitar a apresentação e a aplicação da técnica, na seqüência a seguir:

- 3.2. Análise da empresa pesquisada (X);
- 3.3. Aplicação da curva ABC;
- 3.4. Sistema de codificação;
- 3.5. Formação de famílias através da AFP;
- 3.6. Proposta de um novo *layout*, e, finalmente,
- 3.7. Resultados.

A figura 2.1., no capítulo 2, relata os passos necessários para o desenvolvimento do método proposto no trabalho.

### 3.2. Análise da empresa pesquisada ( X )

A empresa pesquisada X tinha sede em Belo Horizonte e pertencia a um grupo familiar. Atuava no segmento de móveis de escritório há mais de 35 anos, tendo como linhas de produtos: móveis de aço, móveis de madeira e estofados para cadeiras. Este estudo focalizou apenas o setor de móveis de aço, por este apresentar maior faturamento em relação aos demais, conforme a tabela (3.1.).

O faturamento médio da indústria X era de R\$ 150.000,00 por mês. Possuía, no total, 80 funcionários, sendo 45 na produção e 35 na área administrativa.

Unidade da Fábrica	Idade	Fatura-mento	Vol. Produção Anual	Consumo	Número Funcio-nários	Custo da Matéria-Prima
Aço	35	50%	maior	maior	25	menor
Madeira	20	30 %	—	—	14	—
Estofados	18	20%	—	—	06	—

Tabela 3.1.: Dados gerais da empresa pesquisada

Conforme a tabela (3.1.), a unidade de aço apresenta maior volume de produção, além disso, é a mais veloz. Quanto ao número de operários, do total de 25, 6 executavam funções de re-trabalho.

A organização, em 1982, entrou em concordata, um dos motivos foi a dificuldade em administrar o fluxo de caixa, em função de constantes atrasos nos pagamentos advindos da concorrência pública, foco de grandes pedidos. Em 1997

(ano da pesquisa), acumularam-se os problemas financeiros como impostos atrasados e multas pagas com móveis.

Em 1980, haviam quase 200 funcionários e 07 caminhões. Em 1997, apenas 80 funcionários e 2 caminhões.

Em 1989, todos os escritórios de representação tiveram suas atividades suspensas: o de Brasília, Rio de Janeiro, São Paulo, Goiânia e Vitória, isto devido a vários problemas, principalmente financeiros.

A partir de 1997, a empresa focalizou apenas no mercado de Belo Horizonte (B.H.). Mas tinha clientes assíduos fora do Estado e no interior porém, ela passou a não se responsabilizar com transportes de mercadorias, visando reduzir os custos. Além disso, o quadro de vendedores teve a redução de 15 para apenas 3 funcionários.

Mesmo diante deste cenário, a empresa pretendia alcançar novos mercados. Buscou competir, utilizando as estratégias preço e qualidade em todas unidades de produção.

O período para lançar novos produtos era variável em função do ciclo de vida dos mesmos, em média 5 anos. Para isto, a indústria contratou um projetista para desenvolver *design* de novos produtos com custos mais baixos, além de verificar os aspectos ergométricos. Sendo assim, diagnosticou-se a necessidade de mudanças nos estofados das cadeiras e nos móveis de madeira.

A organização buscava garantir a qualidade e preços dos produtos através da seleção de fornecedores. Trabalhava em média, com 65 fornecedores, sendo 6 na unidade produtiva de aço, poucos na de estofados e vários na de madeira.

O relacionamento com os fornecedores era considerado bom. Mas, o principal problema era a falta de confiabilidade na data de entrega de matérias-primas que, conseqüentemente, gerava atrasos nas datas de entrega de produtos

aos clientes, até mesmo nos pedidos solicitados através de concorrências públicas. Havia outro problema, a indústria nem sempre tinha capital para a compra de matérias-primas.

Somando-se a estes problemas a interação entre os departamentos de compras e o de controle de estoque era ineficiente. O estoque de matérias-primas e de produtos semi-acabados estavam sempre muito baixos.

A garantia da qualidade dos produtos através da qualificação da mão-de-obra não era considerada pela indústria, assim não investia em treinamento de pessoal. Segundo seu administrador, não era fácil encontrar profissionais qualificados no mercado. Isto fazia com que ocorresse um aumento na rotatividade de funcionários, principalmente nos mais recentes no trabalho. Havia 5 funcionários profissionais e o restante eram ajudantes, que com o tempo teriam que se aperfeiçoar. Ou seja, tinham que aprender fazendo. Mas, além disso, era necessário que todos tivessem bastante habilidade e aptidão.

O sistema de produção que a indústria adotava era em série e com baixos volumes, por atender aos pequenos pedidos de venda. Ela não operava com produtos sob encomenda, a não ser que estes estivessem dentro da linha de produção com pequenas alterações e grandes volumes de venda. Além disso, não utilizava um sistema de planejamento e controle da produção, isto era controlado através da experiência do próprio administrador que sabia, aproximadamente, o tempo de fabricação de todos os produtos desenvolvidos no chão-de-fábrica.

A empresa trabalhava apenas com 50% de sua capacidade produtiva, isto em função da queda na demanda, além da concorrência direta com indústrias de móveis do Rio Grande de Sul e de Minas Gerais, principalmente.

No setor de móveis de aço, os maquinários eram antigos e deficientes. Havia quebra de máquinas freqüentemente, além de produzir produtos com pequenos defeitos, que necessitam de pequenos reparos. A manutenção não era feita constantemente devido a problemas financeiros.

Haviam gargalos, principalmente, no processo de soldagem, que poderia ser melhorado eliminando algumas operações. Os problemas persistiam na etapa da pintura, que utiliza processos arcaicos e na limpeza de peças.

O lucro da empresa até 1985 advinha de concorrências públicas, que correspondiam a 80% do volume de vendas. Em 1997, este valor foi reduzido para aproximadamente 30%, devido às dificuldades financeiras dos órgãos públicos. Assim, seus gestores buscavam dar maior ênfase a outro tipo de cliente, mas o foco de vendas permanecia no mercado de concorrência pública e posteriormente no privado. Sendo assim, tentavam participar de um número maior de concorrências para conseguir pedidos suficientes para cobrir despesas.

O tamanho dos lotes de produção, há 20 anos atrás, era maior, em média de 500 unidades por produtos. Devido aos fatores, já citados, eles foram reduzidos para cerca de 30 unidades por produtos.

A empresa possuía um deficitário sistema de informações no sistema produtivo e na apuração de custos. Não existiam dados sobre as matérias-primas necessárias para a elaboração de produtos. Havia apenas um registro da quantidade de matérias-primas (chapas) adquiridas no mês. O preço final dos produtos, na maioria deles, era calculado multiplicando-se o preço unitário da matéria-prima por três (houve época que multiplicou-se por seis). Os sistemas informatizados ficaram restrito na contabilidade e na folha de pagamento.

Nas etapas seguintes, através da coleta de dados e informações, foi desenvolvida a Curva ABC da empresa, um sistema de codificação e, seqüencialmente, o desenvolvimento da técnica proposta.

### 3.3. Aplicação da curva ABC

A metodologia para construir a Curva ABC foi apresentada no capítulo 2, item 2.6., deste trabalho. Apresentamos abaixo os dados (os passos) necessários para a elaboração das tabelas (3.2.,3.3. e 3.4.) que são utilizadas para a montagem da Curva ABC, da empresa X.

É importante ressaltar que a seleção dos produtos para a Análise do Fluxo de Produção ocorreu a partir dos resultados desta Curva ABC. Ou seja, foram selecionados apenas os produtos mais importantes, que apresentaram maior lucratividade para a indústria (os que pertenciam a Classe A) .

### Passo 1 : Montagem da primeira tabela para a construção da Curva ABC

CODIGO PRODUTO	QUANTIDADE	PREÇO UNITARIO	PREÇO TOTAL	% DE FATURAMENTO
105	235	192,00	45120,00	5,25
111	459	152,00	69768,00	8,12
200	655	164,00	107420,00	12,50
211	277	77,00	21329,00	2,48
209	44	94,00	4136,00	0,48
208	1227	131,00	160737,00	18,70
207	44	207,00	9108,00	1,06
600	9	53,00	477,00	0,06
601	38	68,00	2584,00	0,30
602	246	99,00	24354,00	2,83
603	230	145,00	33350,00	3,88
605	442	184,00	81328,00	9,46
606	341	215,00	73315,00	8,53
GR12	2	150,00	300,00	0,03
700*	1315	80,00	105200,00	12,24
900*	255	99,00	25245,00	2,94
1000*	499	105,00	52395,00	6,10
Est.bibliot*	128	160,00	20480,00	2,38
I-1	12	294,00	3528,00	0,41
B-18	16	307,00	4912,00	0,57
B-36	2	402,00	804,00	0,09
Beliche	71	190,00	13490,00	1,57
			859380,00	100,00

(\*) São famílias de produtos, já que só o tamanho (altura e profundidade) é alterado

Tabela 3.2. - Dados sobre os produtos da empresa

Fonte: Em 1997, os dados das três primeiras colunas foram fornecidos pela empresa, enquanto que as demais foram calculadas pelo pesquisador e computadas considerando-se os arredondamentos.

## Passo 2 : Montagem da segunda tabela para a construção da Curva ABC

NUMERO DE ITENS	CODIGO DO PRODUTO	% FATURAMENTO EM ORDEM. DECRESCENTE	% ACUMULADA DO FAT. EM ORDEM DECR.	% DO NÚMERO DE ITENS	% ACUMULADA DOS NÚMEROS DE ITENS
1	208	18,70	18,700	4,55	4,55
2	200	12,50	31,2000	4,55	9,09
3	700*	12,24	43,4400	4,55	13,64
4	605	9,46	52,9000	4,55	18,18
5	606	8,53	61,4300	4,55	22,73
6	111	8,12	69,5500	4,55	27,27
7	1000*	6,10	75,6500	4,55	31,82
8	105	5,25	80,9000	4,55	36,36
9	603	3,88	84,7800	4,55	40,91
10	900*	2,94	87,7200	4,55	45,45
11	602	2,83	90,5500	4,55	50,00
12	211	2,48	93,0300	4,55	54,55
13	EST.BIBLIOT	2,38	95,4100	4,55	59,09
	*				
14	BELICHE	1,57	96,9800	4,55	63,64
15	207	1,06	98,0400	4,55	68,18
16	B-18	0,57	98,6100	4,55	72,73
17	209	0,48	99,0900	4,55	77,27
18	I-1	0,41	99,5000	4,55	81,82
19	601	0,30	99,8000	4,55	86,36
20	B-36	0,09	99,8900	4,55	90,91
21	600	0,06	99,9500	4,55	95,45
22	GR12	0,03	99,9800	4,55	100,00
		100,00		100,00	

(\*) São famílias de produtos, já que só o tamanho (altura e profundidade) é alterado

Tabela 3.3. - Dados da % acumulada do faturamento

Fonte: Os dados foram calculados pelo pesquisador e computados considerando-se os arredondamentos.

Na tabela (3.2.), pode ser observado que cada item representa 4,55% do total de itens; que os seis primeiros produtos, ou seja, 27,27% dos itens, correspondiam a 69,55% do faturamento total da empresa, aos que classificam-se como produtos de Classe A; do item 7 ao 11 correspondem a 21% do faturamento total e os itens restantes representaram apenas 9,43% do faturamento total.

Seria interessante a aplicação da Análise do Fluxo de Produção nos itens pertencentes a classe B. Porém, não se tornou necessário porque os produtos fabricados no grupo A eram similares aos do grupo B, diferindo entre eles apenas o tamanho e forma, sendo que os fluxos de suas peças eram semelhantes.

### Passo 3 : Montagem da tabela resumida de dados

NUMERO DE ITENS	CODIGO DO PRODUTO	% ACUMULADA DO FAT. EM ORDEM DECR.	% ACUMULADA DOS NÚMEROS DE ITÉNS
1	208	18,700	4,55
2	200	31,200	9,09
3	700*	43,440	13,64
4	605	52,900	18,18
5	606	61,430	22,73
6	111	69,550	27,27
7	1000*	75,650	31,82
8	105	80,900	36,36
9	603	84,780	40,91
10	900*	87,720	45,45
11	602	90,550	50,00
12	211	93,030	54,55
13	EST.BIBLIO*	95,410	59,09
14	BELICHE	96,980	63,64
15	207	98,040	68,18
16	B-18	98,610	72,73
17	209	99,090	77,27
18	I-1	99,500	81,82
19	601	99,800	86,36
20	B-36	99,890	90,91
21	600	99,950	95,45
22	GR12	99,980	100,00

(\*) São famílias de produtos, já que só o tamanho (altura e profundidade) é alterado

Tabela 3.4. - Resume dos dados

Fonte: Os dados foram calculados pelo pesquisador e computados considerando-se os arredondamentos.

Fazendo uma síntese, através da montagem das tabelas (3.2. e 3.3.), definiu-se a seguinte classificação:

- Classe A: 27,27 % dos itens correspondem a 69,55 % do faturamento total
- Classe B: 22,73 % dos itens correspondem a 21% do faturamento total
- Classe C: 50% dos itens correspondem a 9,43% do faturamento total.

Após a definição das classes, a Curva ABC pode ser montada. Para sua elaboração utilizou-se uma planilha eletrônica.

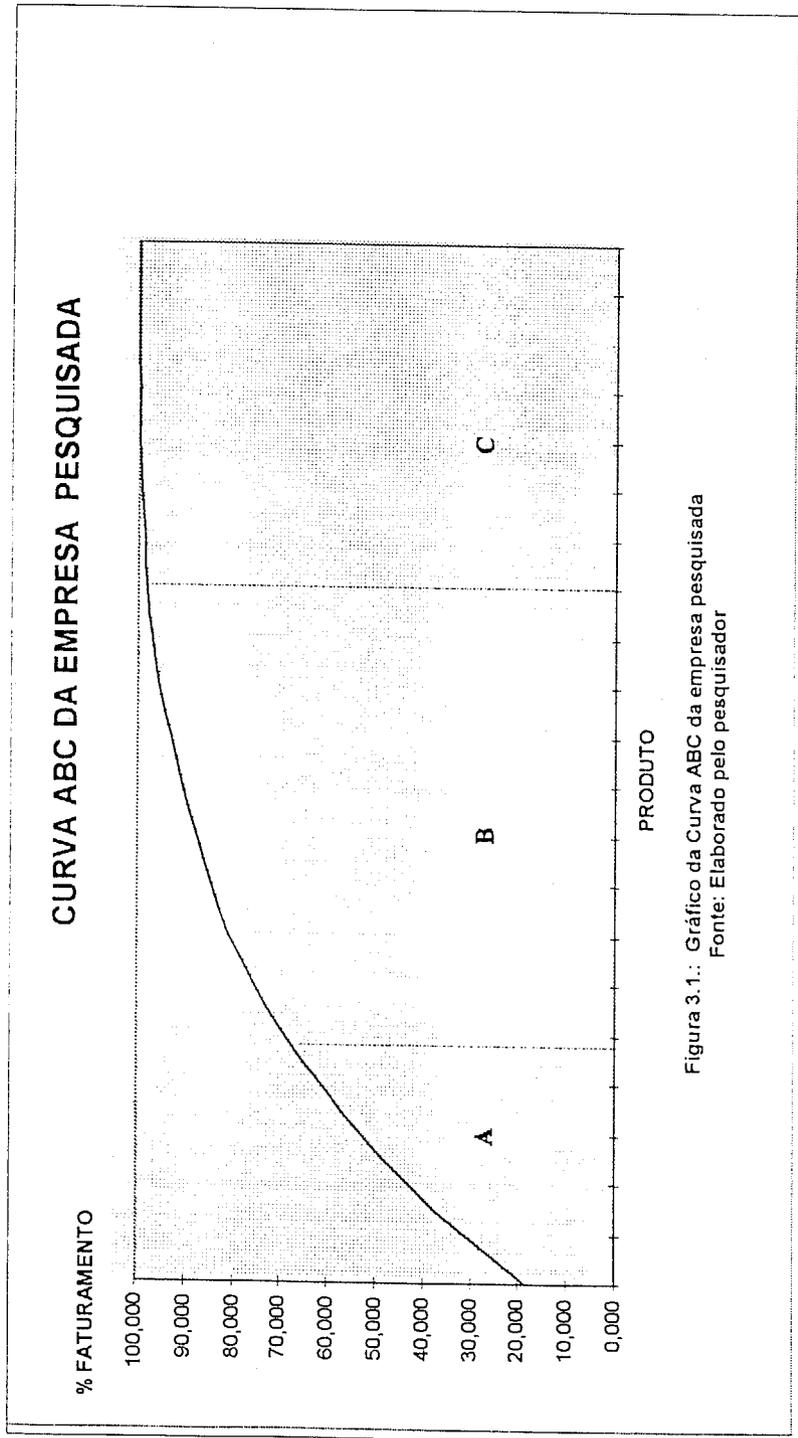


Figura 3.1.: Gráfico da Curva ABC da empresa pesquisada  
 Fonte: Elaborado pelo pesquisador

### 3.4. Sistema de codificação

Um método para criar um sistema de codificação, foi sugerido no capítulo 2, item 2.7., deste trabalho e foi utilizado na empresa pesquisada.

A empresa X, possuía codificação apenas dos produtos que fabricava. Desta forma, tornou-se necessário o desenvolvimento de um sistema de codificação mais abrangente. Assim, departamentos, máquinas, processos e peças foram codificados (tabela 3.5. a 3.13.).

Como visto anteriormente, apenas seis (6) produtos representam 69,55% do faturamento total da empresa: os produtos de código 111 (arquivo), 606 (guarda-roupa de 16 portas), 605 (guarda-roupa de 8 portas), 700 (estante aberta e fechada), 200 (armário) e 208 (armário linha econômica). Logo, ficou estabelecido estudar apenas estes produtos e por isto que, somente, eles foram codificados.

#### 1. Codificação dos departamentos

DEPARTAMENTO	CÓDIGO
CORTE	1
PRENSA	2
VIRADORA ELETRICA	3
VIRADEIRA MANUAL	3
PONTEADEIRA-SOLDA ELÉTRICA	4
SOLDA MIG	5
MAÇARICO-SOLDA ARCO-ELÉTRICO	5
LIXADEIRA	6
LIMPEZA	7
PINTURA	8
MONTAGEM FINAL	9

Tabela 3.5.- Codificação dos departamentos

## 2. Codificação das máquinas

MÁQUINA	CÓDIGO
TESOURA	T2,T3,T4
PRENSA	S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7,S9,S10
VIRADEIRA	V1,V2,V3,V4,V5
VIRADEIRA MANUAL	VA,VB
SOLDAR ELETRICA	P1,P2,P4,P5,P6,P7,P8
SOLDAR MIG	M1
SOLDAR MAÇARICO	MA
LIXAR	L1
LIMPAR (*)	LM
PINTAR (*)	PI, PJ
MONTAR (*)	MF

Tabela 3.6. - Codificação das máquinas<sup>1</sup>

## 3. Codificação dos processos

PROCESSO	CÓDIGO	MÁQUINAS
CORTAR	CO	T2,T3,T4
PRENSAR	PR	S1,S2,S3,S4,S5,S6,S7,S9,S10
VIRAR. ELÉTRICA	VE	V1,V2,V3,V4,V5
VIRAR.MANUAL	VM	VA,VB
SOLDAR ELÉTRICA	SE	P1,P2,P4,P5,P6,P7,P8
SOLDAR MIG	SM	M1
SOLDAR MAÇ.	AS	MA
LIXAR	LX	L1
LIMPAR	LP	LM
PINTAR	PT	PI
MONTAR	MO	MF

Tabela 3.7. - Codificação dos processos

<sup>1</sup> Estas máquinas não foram necessárias para formação de módulos ( módulo 1, da etapa Análise por grupo) por serem seus processos incompatíveis as demais. Sendo assim, cada uma passou a ser considerada como um grupo, conforme figura 3.12.

## 4. Codificação de cada peça nos produtos

NOME DO PRODUTO	CÓDIGO DO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA
ARQUIVO ARI	111	LADO	LAD
		CABEÇA	CAB
		CARRINHO	CAR
		PÉ ESTRUTURA	PEE
		PÉ BASE	PEB
		TRAVESSA	TRA
		SUPORTE	SUP
		GAVETA	GAV
		FRENTE GAVETA	FRG
		ALMOFADA	ALM
		TRASSEIROS	TRA
		CORRENTIÇA	COR

Tabela 3.8. - Codificação do produto 111

NOME DO PRODUTO	CÓDIGO DO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA
GUARDA ROUPA GR	605	CABEÇA	CAB
		LADO	LAD
		COSTA	COS
		FUNDO	FUN
		DIVISÃO	DIV
		PRATELEIRA	PRA
		PÉ DE FUNDO	PEF
		PORTA	POR

Tabela 3.9. - Codificação do produto 605

NOME DO PRODUTO	CÓDIGO DO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA
GUARDA ROUPA GR	606	CABEÇA	CAB
		LADO	LAD
		COSTA	COS
		FUNDO	FUN
		DIVISÃO	DIV
		PRATELEIRA	PRA
		PÉ DE FUNDO	PEF
		PORTA	POR

Tabela 3.10. - Codificação do produto 606

NOME DO PRODUTO	CÓDIGO DO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA
ESTANTE ABERTA E FECHADA	700	PRATELEIRA	PRA
		CANTONEIRA	CAN
		X FUNDO	XF
		X LATERAL	XL

Tabela 3.11. - Codificação do produto 700

NOME DO PRODUTO	CÓDIGO DO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA
ARMÁRIO AR2	208	2 LADOS	2LA
		COSTA	COS
		CABEÇA	CAB
		FUNDO	FUN
		PÉ BASE	PEB
		PORTAS	POR
		REFORÇO	REF
		DOBRADIÇA	DOB
		PRATELEIRA	PRA
		CREMALHEIRA	CRE

Tabela 3.12. - Codificação do produto 208

NOME DO PRODUTO	CÓDIGO DO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA
ARMÁRIO AR2	200	2 LADOS	2LA
		COSTA	COS
		CABEÇA	CAB
		FUNDO	FUN
		PÉ BASE	PEB
		PORTAS	POR
		REFORÇO	REF
		DOBRADIÇA	DOB
		CREMALHEIRA	CRE
		PRATELEIRA	PRA

Tabela 3.13. - Codificação do produto 200

Em anexo (2), são apresentadas as tabelas montadas: de processos, máquinas e peças, para *cada um estes produtos*, a fim de analisarmos e conhecermos os reais fluxos das peças no chão-de-fábrica.

Após a seleção dos produtos de maiores faturamentos e o desenvolvimento de um sistema de codificação, o próximo passo, é aplicar a Análise do Fluxo de Produção (AFP).

### **3.5. Formação de famílias através da Análise do Fluxo de Produção (AFP)**

A metodologia AFP, apresentada neste item, foi adaptada (figura 2.1.) e fundamentada em BURBIDGE (1989), para a formação de famílias. Ela se compõe de três etapas (figura 2.1.1.):

3.5.1. Análise do Fluxo entre Departamentos (AFD);

3.5.2. Análise de Grupo (AG); e

3.5.3. Análise de Linha (AL).

Desta forma, a partir de dados e informações coletados na empresa X, as três etapas foram desenvolvidas.

#### **ETAPA 3.5.1. Análise do Fluxo entre Departamentos (AFD)**

Dois módulos foram desenvolvidos para aplicar a AFD:

**MÓDULO 1.: Fluxo atual de produção**

**PASSO 1.1.:** Encontro dos NFP e a elaboração da tabela de frequência dos NFP;

**PASSO 1.2.:** Mapeamento do fluxograma básico.

**MÓDULO 2.: Simplificação do fluxograma básico**

**PASSO 2.1.:** Mapeamento do fluxograma predominante;

2.1.1.: Define os NFP pelos quais passam o maior número de peças;

2.1.2.: Mapeamento do fluxograma predominante.

**PASSO 2.2.:** Simplificação por combinação

2.2.1.: Verificar quais NFP não se enquadram ou não contêm as principais peças no fluxograma predominante;

2.2.2.: Incorporar os NFP com maior quantidade, da tabela de frequência de NFP em ordem decrescente, aos que não se enquadram no fluxograma predominante;

2.2.3.: Unir os departamentos, conforme a compatibilidade dos mesmos, a fim de obter, o máximo possível, um fluxograma predominante simplificado.

Figura 3.2.: Passos para desenvolver a AFD

## **MÓDULO 1.: Fluxo atual de produção**

Dois passos foram executados para obter um fluxo de materiais mais simples possível entre os departamentos: encontro dos números de fluxo de processo (NFP) e a elaboração da tabela de frequência do NFP e, finalmente, foi feito um mapeamento do fluxograma básico.

### **PASSO 1.1.: Encontro dos NFP e a elaboração da tabela de frequência do NFP**

Vimos que o NFP é um código numérico do qual a listagem dos códigos de todas as unidades de processamento (departamentos) é montada, na seqüência correta em que são utilizadas na fabricação da peça.

Desta forma, por exemplo, através da seqüência dos departamentos: corte (1), prensa (2), viradeira (3), solda (4), foi obtido o código 1234; isto significa um NFP para uma peça que começa no departamento 1 ( corte), vai em seguida para o 2 ( prensa ), 3 ( vira ) e depois para o 4 ( solda ).

Assim, após a detecção dos NFP's de todas as peças foi elaborado a Tabela de frequência de NFP - tabela 3.14. Nela foi demonstrada a existência de 01 peça que segue o NFP 123234, 01 peça que segue NFP 12324, 03 peças que seguem o NFP 123246789 e, assim, sucessivamente.

CODIFICAÇÃO	
Processo	Código
Corte	1
Prensa	2
Virar	3
Solda(mont.)	4
Solda	5
Lixar	6
Limpar	7
Pintar	8
Montar	9

Tabela 3.7.: Codificação de processos

NFP	QDTE.	NFP	QDTE.
123234	1	12389	2
12324	1	124	2
123246789	3	1249	2
1234	15	12789	2
12343	2	1324	1
123456	1	132789	1
12348	1	134	4
12354	6	134678	2
123546	4	135	1
123789	1		
<b>TOTAL</b>			<b>52</b>

Tabela 3.14: Frequência do NFP

Mesmo havendo três operações distintas em um departamento, por exemplo, unidade 4 (solda - por maçarico, a ar e elétrica) *este só pode ser incluído apenas uma vez na tabela de frequência de NFP.*

### PASSO 1.2.: Mapeamento do fluxograma básico

Os dados necessários para desenhar o fluxograma foi obtido da tabela de frequência de NFP( tabela 3.14.). Em seqüência, primeiro, foi feito um triângulo no topo de uma folha em branco, que representou a área de estoque de materiais. Em seguida, foram feitos círculos numerados para que representassem cada departamento. Por último, cada círculo representou a montagem. Cada NFP foi examinado e foram desenhadas setas entre os círculos para indicar o fluxo de peças entre os departamentos<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> *Certificamos a precisão de dados montando a tabela ORIGEM / DESTINO. Este era um passo opcional, usado quando há dúvidas e/ou caso se queira certificar a precisão dos dados. Veja a aplicação desta técnica em anexo 3.*

Além disso, Tabela de frequência de NFP (tabela 3.14) foi utilizada para o desenvolvimento do fluxograma básico. O primeiro NFP tinha o código 123234. Verifica-se que as peças começaram no estoque (triângulo), desenhando-se uma seta até o departamento de corte (círculo 1), deste para a prensa (círculo 2), em seguida para a viradeira (círculo 3) e, finalmente, para a soldagem (círculo 4). Este procedimento foi feito com todas as peças listadas na tabela 3.14., e é mostrado na figura 3.3.

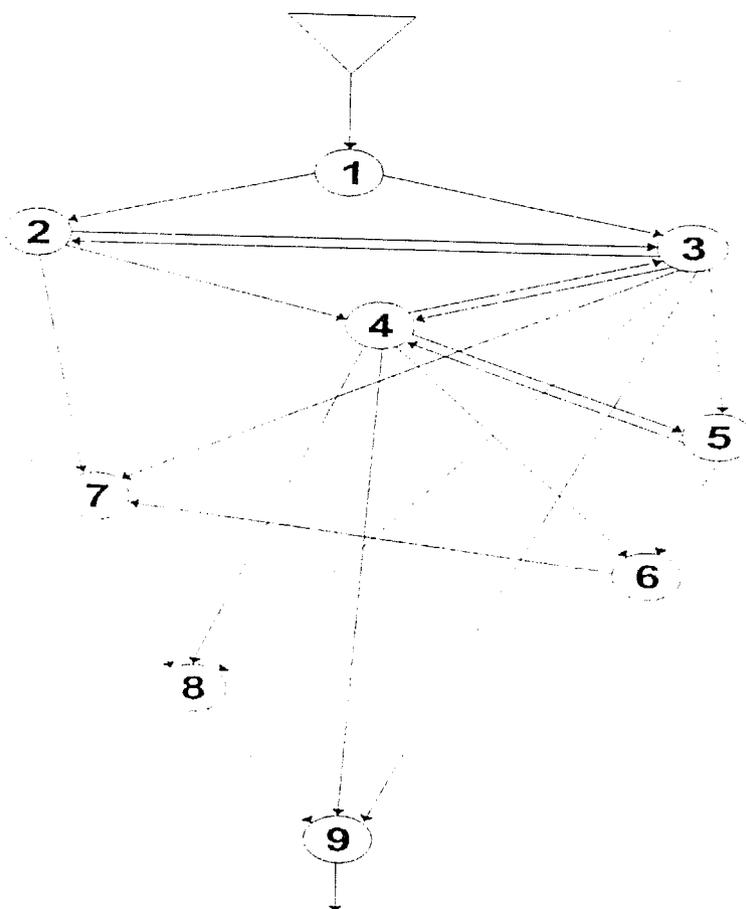


Figura 3.3. - Fluxograma básico

NOTA: (a)  $\nabla$  = estoque de materiais e  $\bigcirc$  = departamentos

(b) A posição dos departamentos não retrata a posição física atual dos mesmos, na empresa em estudo.

## **MÓDULO 2.: Simplificação do fluxograma básico**

Neste módulo buscou-se especificar as restrições, separando as unidades de processamento que não deveriam ficar unidas, isto devido à incompatibilidade de processos.

Para a efetivação da simplificação, o fluxo de materiais foi dividido em **estágios**<sup>3</sup>, na seguinte ordem: mapeamento do fluxograma predominante e simplificação por combinação.

### **PASSO 2.1.: Mapeamento do fluxograma predominante:**

Através do fluxograma predominante foi elaborada uma primeira simplificação do fluxograma básico (figura 3.3.). Desta forma, uma pequena porcentagem do número total de NFP's correspondeu a uma maior porcentagem do número total de peças.

Para desenhar este fluxograma dois itens foram determinados:

**2.1.1.:** Definição dos NFP's pelos quais passaram o maior número de peças. Listou-se, assim, a tabela de freqüência de NFP em ordem decrescente do número de peças (tabela 3.15.).

---

<sup>3</sup> Estágios são diversos processos agrupados de tal maneira que as peças, após terem sido fabricadas, não retornem ao estágio anterior.

NFP	Qtde.	
<b>1234</b>	<b>15</b>	*
<b>12354</b>	<b>6</b>	*
<b>123546</b>	<b>4</b>	*
<b>134</b>	<b>4</b>	*
<b>123246789</b>	<b>3</b>	*
12343	2	
12389	2	
124	2	
1249	2	
12789	2	
134678	2	
123234	1	
12324	1	
123456	1	
12348	1	
123789	1	
1324	1	
132789	1	
135	1	
<b>TOTAL</b>	<b>52</b>	

Baseando na tabela ao lado, foi observado que 32 peças produzidas (as que estão com \*), correspondem a 62% do total e foram cobertas por 26% dos NFP's.

Isto significou que com esses 26% (5/19) de NFP's simplificaremos o fluxo em 62% (32/52), nas principais peças fabricadas.

Considerou-se os itens em negrito como os mais importantes, pois tinham maiores fluxos. Os outros itens foram chamados de "resto" e serão incorporados aos fluxos predominantes na seguinte etapa.

Tabela 3.15.: Freqüência de NFP em ordem decrescente

**2.1.2.: Mapeamento do fluxograma predominante:** Foram utilizados os 26% dos NFP's mais importantes, da tabela 3.15, para elaboração do fluxograma a seguir ( figura 3.4.).

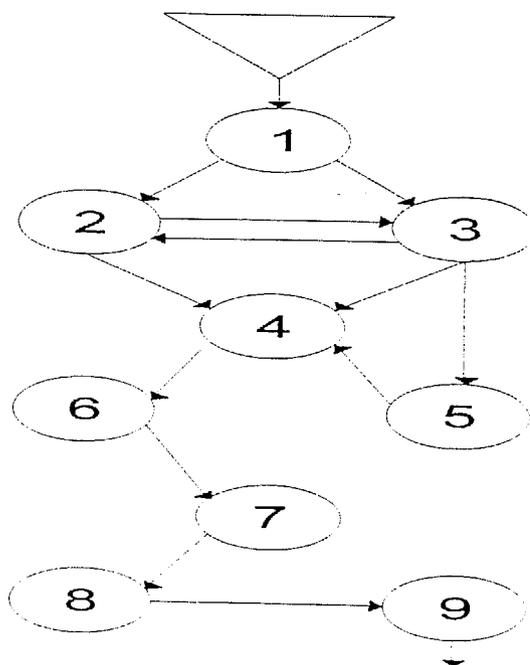


Figura 3.4. - Fluxograma predominante

### PASSO 2.2.: Simplificação por combinação

Três passos foram desenvolvidos para elaborar a simplificação por combinação:

2.2.1.: Verificação na tabela de frequência de NFP em ordem decrescente (tabela 3.15.), de quais NFP's **não** se enquadravam **ou** que não continham as principais peças fabricadas no fluxograma predominante (figura 3.4.).

NFP	QTDE.
1 2 3 2 3 4	1
1 2 3 2 4	1
1 2 3 4 5 6	1
1 2 3 7 8 9	1
1 2 3 8 9	2
1 2 4	2
1 2 4 9	2
1 2 7 8 9	2
1 3 2 4	1
1 3 2 7 8 9	1
1 3 4 6 7 8	2
1 3 5	1
<b>TOTAL</b>	<b>49</b>

Tabela 3.16.: Listagem de NFP's que não se enquadram no fluxograma predominante.

2.2.2.: Foram incorporados os NFP's, da tabela 3.15, identificados com \* aos encontrados na tabela de listagem de NFP's que não se enquadram no fluxograma predominante (3.16.):

NFP	QTDE.
1 2 3 4	15
1 2 3 5 4	6
1 2 3 5 4 6	4
1 3 4	4
1 2 3 2 4 6 7 8 9	3
1 2 3 2 3 4	1
1 2 3 2 4	1
1 2 3 4 5 6	1
1 2 3 7 8 9	1
1 2 3 8 9	2
1 2 4	2
1 2 4 9	2
1 2 7 8 9	2
1 3 2 4	1
1 3 2 7 8 9	1
1 3 4 6 7 8	2
1 3 5	1
TOTAL	49

Conforme a nova tabela ao lado, foi observado que 49 peças produzidas, correspondem a 94% do total e foram cobertas por 89% dos NFP's.

Desta forma, com estes 89% (17/19) de NFP's, foi possível simplificar o fluxo em 94% (49/52) das principais peças fabricadas.

Tabela 3.17.- NFP's utilizados para simplificar o fluxograma predominante

**2.2.3.:** Para simplificar o fluxograma predominante (fig. 3.4.) foi necessário combinar, separar e mover os departamentos, conforme a compatibilidade entre os processos na empresa.

Desta forma, com base nos dados da tabela 3.17. (NFP's utilizados para simplificar o fluxograma predominante), as atividades realizadas no departamento 1 (corte) foram movidas para dentro do estoque. Os departamentos 2 (prensa) e 3 (viradeira) foram unidos. Já os departamentos 4 e 5 (soldas) e 6 (lixa) não eram compatíveis com os demais departamentos (limpeza, pintura e montagem final). Isto porque nestes locais não poderia ter poeira e pó, pois a qualidade dos processos não deveria ser comprometida. Assim, o resultado obtido pode ser visto na figura 3.5.. Foi obtido um fluxo mais simples que o anterior, que cobriu um maior número de peças (94%).

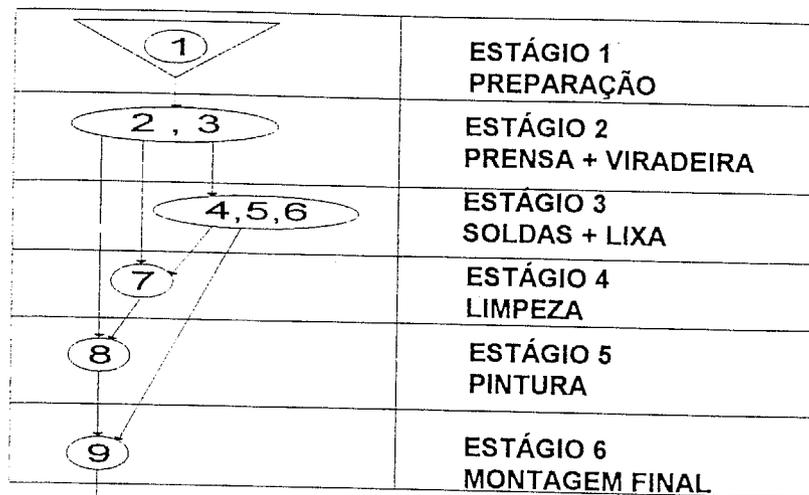


Figura 3.5. - Fluxograma predominante simplificado

### **ETAPA 3.5.2. Análise por Grupos (AG)**

Como é conhecido, a Análise por Grupo (AG) tem como objetivo básico formar grupos de máquinas. Todos os dados de máquinas, peças e processos já foram codificados, no item 3.4., deste capítulo.

Os seguintes passos foram utilizados para aplicar AG:

## **MÓDULO 1.: Formação de módulos**

**PASSO 1.1.:** Montagem da tabela máquina X módulo, utilizando a classificação SICGE (figura 2.7);

**PASSO 1.2.:** Montagem da tabela matriz peça X máquina;

**PASSO 1.3.:** Montagem da tabela de Listagem de Máquinas-chaves (LMC);

**PASSO 1.4.:** Montagem da tabela de módulo resumido.

## **MÓDULO 2.: Formação de grupos**

**PASSO 2.1.:** Planejamento dos grupos

**PASSO 2.2.:** Selecionar os grupos;

2.2.1.: Verificar o (f) de cada módulo para formar grupos;

2.2.2.: Encontrar grupos baseados em módulos de CLASSE S (especial) e I (intermediária), e selecionar estes módulos como núcleos;

2.2.3.: Selecionar grupos baseados em módulos de CLASSE C (comum) ou agrupá-los a outros grupos já existentes ;

2.2.4.: Procurar módulos de CLASSE G (geral) e E (equipamento), a fim de formar grupos adicionais ou adicionar estes módulos a outros grupos já formados;

2.2.5.: Se existir compatibilidade entre os módulos, então, uni-los para que sejam formados os grupos.

Figura 3.6.: Passos para desenvolver a AG

## **MÓDULO 1.: Formação de módulos<sup>4</sup>**

Como visto, no capítulo 2, quatros passos são necessários para formar os módulos:

### **PASSO 1.1.: Montagem da tabela de máquina x módulo**

Na figura (3.7), tem-se a tabela de máquinas que foi composta a partir de todas as máquinas listadas contendo seus respectivos códigos, nome, categoria (SICGE) e N (quantidade de máquinas do mesmo tipo). Para encontrar a categoria SICGE foi necessário utilizar o algoritmo da figura 2.7, no capítulo 2.

---

<sup>4</sup> Sabe-se que cada módulo consiste em um conjunto de máquinas e peças que estão envolvidas entre si, a fim de serem combinadas para a formação de grupos.

Cód. Máq.	Nome Máq.	SICGE	N
T4	tesoura	S	1
T2	tesoura	G	1
T3	tesoura	G	1
S1	prensa	C	3
S2			
S3			
S5	prensa	C	1
S4	prensa	C	1
S6	prensa	C	3
S7			
S9			
S10	prensa	C	1
V1	viradeira	I	3
V2			
V4			
V3	viradeira	C	2
V5			
VA	viradeira manual	E	2
VB			
P8	solda elétrica	S	1
P1	solda elétrica	C	6
P2			
P4			
P5			
P6			
P7			
M1	solda mig	S	1
MA	solda maçarico	S	1
L1	lixadeira manual	S	1

Figura 3.7. - Tabela de máquinas

Foi analisado, na figura 3.7., **quais máquinas eram iguais** (em tamanho, função e capacidade) e **quais executavam operações que outras máquinas do mesmo tipo** executavam, ou seja, **quais poderiam substituir outras máquinas do mesmo tipo**. Conclui-se assim, que as máquinas S1, S2 e S3 eram iguais, as máquinas S6, S7 e S9, assim como, as máquinas V1, V2 e V4 entre outras.

Em seguida, foi colocado **um mesmo código para estas máquinas que eram iguais e substituíam outras do mesmo tipo**. Assim, já que as máquinas S1, S2 e S3 eram iguais e podiam substituir todas as outras prensas (S5, S4, S6, S7, S9 e S10), codificou-as como S1.

No caso, das tesouras T4, T2 e T3 pode ser notado que elas tinham a mesma função, porém, não eram iguais em capacidade e tamanho<sup>5</sup>, motivo da permanência dos códigos diferentes, não podendo serem agrupadas.

O que foi feito, até o momento, foi um agrupamento de máquinas. Elas passaram a ser definidas como **módulo**. Desta forma, a máquina T4 foi registrada como módulo 1, a máquina T2 como módulo 2, a máquina T3 como o módulo 3 e a máquina S1 (S1=S2=S3) como módulo 4 e assim por diante.

Logo a tabela de máquina com seus respectivos módulos (figura 3.8.) foi montada:

Nb. Módulo	Cód. Máquina	Nome	SICGE	N
1	T4	tesoura	S	1
2	T2	tesoura	G	1
3	T3	tesoura	G	1
4	S1	prensa	C	3
5	S5	prensa	C	1
6	S4	prensa	C	1
7	S6	prensa	C	3
8	S10	prensa	C	1
9	V1	viradeira	I	3
10	V3	viradeira	C	2
11	VA	viradeira manual	E	2
12	P8	solda elétrica	S	1
13	P1	solda elétrica	C	6
14	M1	solda mig	S	1
15	MA	solda maçarico	S	1
16	L1	lixadeira manual	S	1

Figura 3.8. - Tabela de máquina X módulo

<sup>5</sup> No caso da tesoura T4, ela pode substituir as demais tesouras. Porém, ela é diferente das demais. Isto faz com que seu código seja mantido.



### PASSO 1.3.: Montagem da tabela Listagem de Máquinas-Chave (LMC)

Como definido, cada módulo foi fundamentado em uma máquina-chave. Assim, as máquinas-chave foram arranjadas a fim de ser obtida a listagem de máquinas-chave (figura 3.10). Nesta listagem todas as categorias/classes de máquinas (S,I,C,G e E) respeitaram a **seqüência**, ou seja, **uma atrás da outra**. Além disso, dentro de cada categoria, **os valores de F** foram relacionados em **ordem crescente**.

Para a montagem final da tabela de listagem de máquinas-chaves (figura 3.10.), foram coletados os dados da tabela de máquina x módulo (figura 3.8) e os F's da tabela/ matriz de peças x máquinas (figura 3.9.).

Máquina-chave					
Módulo	Código	Nome	SICGE	N	F
14	M1	solda mig	S	1	2
1	T4	tesoura	S	1	6
12	P8	solda elétrica	S	1	6
15	MA	solda maçarico	S	1	11
16	L1	lixadeira manual	S	1	12
9	V1	viradeira	I	3	37
6	S4	prensa	C	1	1
7	S6	prensa	C	3	1
8	S10	prensa	C	1	4
5	S5	prensa	C	1	5
10	V3	viradeira	C	2	39
4	S1	prensa	C	3	41
13	P1	solda elétrica	C	6	41
3	T3	tesoura	G	1	0
2	T2	tesoura	G	1	46
11	VA	viradeira manual	E	2	1

figura 3.10. - Tabela de listagem de máquinas-chave (LMC)

### PASSO 1.4.: Montagem da tabela de módulo resumido

O módulo resumido foi desenvolvido unindo a tabela de LMC (figura 3.10.) com a tabela/ matriz peça x máquina (figura 3.9.), a fim de localizar o módulo procedente das peças.

O módulo resumido é uma lista que contém todos os módulos, código de máquinas, N, F, SICGE e os números de peças advindas de outras máquinas (f).

Por exemplo, no módulo 14, da fig. 3.10., foram feitas duas diferentes peças em cada tipo de máquina (F), mas de onde elas vieram?

Para responder a esta pergunta é necessária a análise de que o módulo 14, contém a máquina-chave M1 (fig. 3.10) e na matriz de peças X máquinas (fig. 3.9) verificar o local de origem de cada peça de M1. No exemplo, uma peça veio de P8 (que corresponde ao módulo 12) e a outra peça veio de V3 (que corresponde ao módulo 10).

Após descoberta a origem das peças e o módulo correspondente, basta preencher cada linha referente a cada módulo, na figura 3.11.

Módulo	Máquina-chave					Módulo/Cod. Máq. e (f)																		
	Cod.	Nome	N	F	SICGE	14	1	12	15	16	9	6	7	8	5	10	4	13	3	2	11			
						M1	T4	P8	MA	L1	V1	S4	S6	S10	S5	V3	S1	P1	T3	T2	VA			
14	M1	Solda MIG	1	2	S			1								1								
1	T4	Tesoura	1	6	S		6																	
12	P8	Solda elétrica	1	6	S											3		3						
15	MA	Solda maçarico	1	11	S	1										1		9						
16	L1	Lixadeira man.	1	12	S				5						2			5						
9	V1	Viradeira	3	37	I									1	2		31			3				
6	S4	Prensa	1	1	C		1																	
7	S6	Prensa	3	1	C									1										
8	S10	Prensa	1	4	C		3					1												
5	S5	Prensa	1	5	C												5							
10	V3	Viradeira	2	39	C						32			2							5			
4	S1	Prensa	3	41	C		2														39			
13	P1	Solda elétrica	6	41	C						4					31	5				1			
3	T3	Tesoura	1	...	G																			
2	T2	Tesoura	1	46	G																46			

Figura 3.11. - Tabela de módulo resumido

## MÓDULO 2: Formação de grupos

Cada grupo foi constituído por um conjunto de módulos. Para isto, foram planejado os grupos e escolhidos os núcleos e, em seguida, selecionados os grupos, resultando na formação de grupo.

### PASSO 2.1.: Planejamento dos grupos

O objetivo principal na formação dos grupos foi encontrar conjuntos de peças (famílias) que fossem terminadas apenas por um conjunto próprio de máquinas (grupo).

Além disso, os fatores que levam os módulos a formarem grupos foram considerados: verificou se que eles utilizavam constantemente as mesmas máquinas; **se** usavam a mesma máquina tipo S (especial); **se** usavam o mesmo tipo de material e **se** as peças contidas nestes módulos possuíam as mesmas formas básicas e/ou funções.

### PASSO 2.2.: Selecionar os grupos

A seleção de grupos de máquinas foi feita através da combinação de módulos, utilizando-se a **tabela de módulo resumido (figura 3.11.)**:

**2.2.1.:** Verificação dos  $f$  de cada módulo para formação dos grupos, sabendo-se que  $F = \Sigma(f)$ .

**2.2.2.:** Os grupos são encontrados baseados em módulos de classe S (especial) e I (intermediária) e selecionados como núcleos. Na tabela de módulo resumido foram certificados os seguintes módulos:

- classe S : 14, 1, 12, 15 e 16;
- classe I : apenas o módulo 9.

**2.2.3.:** Seleção dos grupos baseados em módulos de classe C (comum) ou agrupamos estes módulos a outros grupos já existentes. Por exemplo, classe C: 6, 7, 8, 5, 10, 4 e 13.

**2.2.4.:** Localização dos módulos de classes G (geral) e E (equipamento) para formação de grupos adicionais ou adição destes módulos a outros grupos que já haviam sido formados. Por exemplo:

- classe G: 3 e 2;
- classe E: apenas o módulo 11.

**2.2.5.:** Foi considerado que os grupos podiam se unir, desde que existisse compatibilidade entre os módulos.

No exemplo a seguir, as tesouras ( grupo 1 ) foram usadas para operações em todas as peças, assim, o grupo de tesouras foi instalado no estágio de preparação ( início do processo ). Logo em seguida, notou-se a formação de 02 grupos de prensas, uma vez que o fluxo de peças estava dividido, como verificado na tabela de módulo resumido: o grupo 2 ( S1, S5, S6 ) fazia operações com as peças que procediam do grupo das tesouras ( T2, T3, T4 ) e existia uma dependência entre as máquinas deste grupo. No grupo 3 ( S4 e S10 ), as peças também decorriam do grupo das tesouras, existindo uma dependência entre estas máquinas, mas as operações feitas por este grupo não dependiam do grupo 2, conforme figura (3.12)

Na figura 3.12. ( C ), pode ser observado que a solda MA (solda a maçarico), não foi unida ao grupo 5 (composto das máquinas de solda elétrica (P1 e P8) e a solda mig (M1)). Isto porque não havia compatibilidade entre os processo.

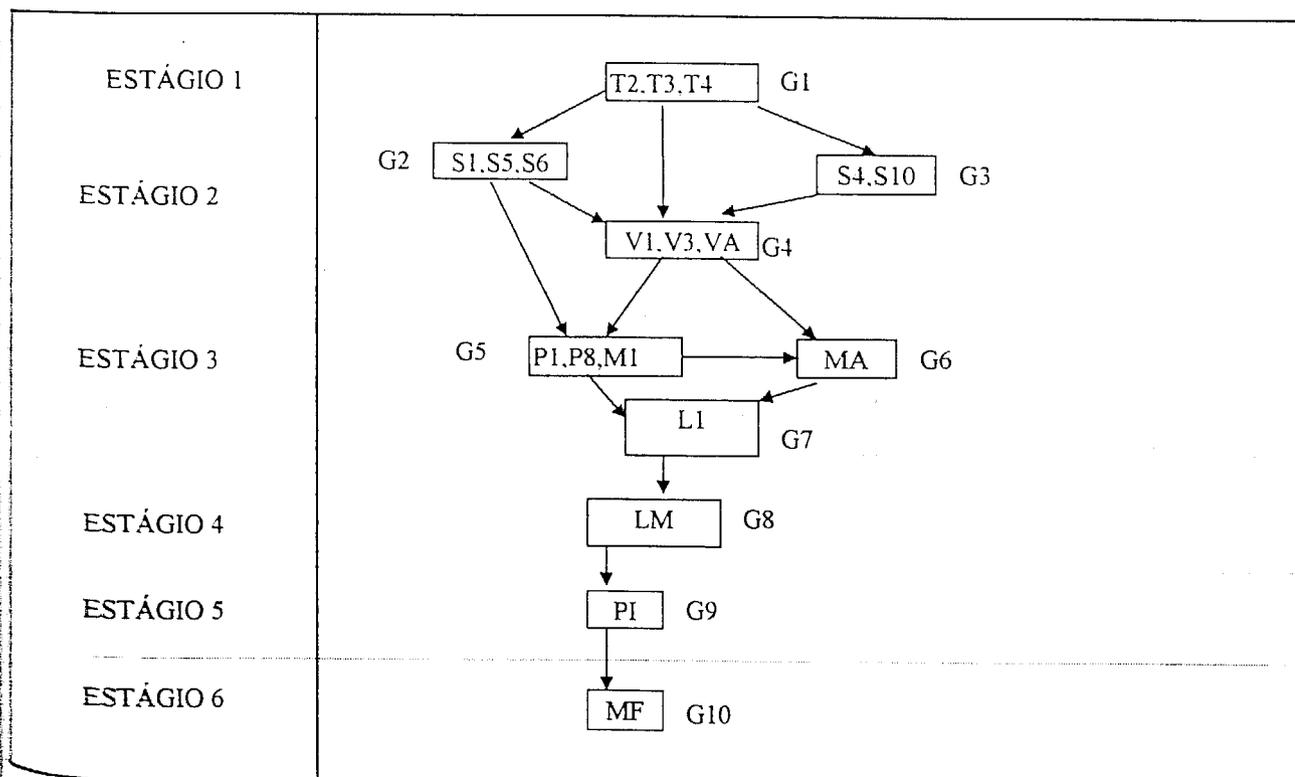
Além disso, na figura (3.12 ) foi apresentada uma síntese dos grupos que foram formados:

GRUPOS (G)	MÓDULOS	MÁQUINAS-CHAVE
1	1,2,3	T4,T2,T3
2	4,5,7	S1,S5,S6
3	6,8	S4,S10
4	9,10,11	V1,V3,VA
5	12,13,14	P8,P1,M1
6	15	MA
7	16	L1
8	...	LM
9	...	PI
10	...	MF

(A)

ESTÁGIOS	GRUPOS (G)
1	1
2	2,3,4
3	5,6,7
4	8
5	9
6	10

(B)



(C)

Figura 3.12. - Tabelas para formação de grupos

### ETAPA 3.5.3. Análise de Linha (AL)

Como visto, na etapa anterior foram formados os módulos e através dos módulos compatíveis, entre si, os grupos de máquinas foram constituídos. E por meio da AL, uma melhor seqüência das máquinas no *layout* da fábrica pode ser definida, dentro dos grupos encontrados.

Para desenvolver a AL, os seguintes passos foram seguidos:

**PASSO 1.: Estudo do sistema de fluxo existente**

1.1.: Codificação das máquinas dentro dos grupos;

1.2.: Computação dos NFO's ;

1.2.1.: Listar dentro *de cada grupo*, os módulos, códigos de máquinas e N;

1.2.2.: Encontrar o NFO para cada módulo e f que circulam nos módulos.

1.3.: Desenhar um fluxograma para cada grupo encontrado.

**PASSO 2.: Planejamento do espaço físico para departamentos e grupos**

**PASSO 3.: Proposta de um novo *layout* de fábrica.**

Figura 3.13. – Passos para desenvolver a AL

## **PASSO 1.: Estudo do sistema de fluxo existente**

Os seguintes dados obtidos na Análise por Grupo foram utilizados para o estudo do fluxo existente na empresa:

- no módulo 1 - formação de módulos: passo 1.3 - tabela de listagem de máquinas-chaves (fig.2.10) e 1.4 - tabela do módulo resumido (fig. 2.11); e
- no módulo 2 - formação de grupos: passo 2.2.5. - na tabela de formação de grupos (fig. 3.12).

Além disso, foi necessário a codificação das máquinas dentro dos grupos, os números de fluxos de operações (**NFO**) e do **f** em cada módulo.

Por último, foram definidos os fluxogramas para cada grupo e o planejamento físico foi considerado, para auxiliar no projeto do novo *layout* da fábrica.

### **1.1.: Codificação das máquinas dentro dos grupos**

A partir da figura 3.12 (tabela de formação de grupos) a figura 3.14 (tabela de listagem de grupos, módulos e máquinas) foi montada.

ESTÁGIO	GRUPOS	MÓDULOS	MÁQUINAS-CHAVE
1	1	1, 2, 3	T4, T2, T3
2	2	4,5,7	S1,S5,S6
	3	6,8	S4,S10
	4	9,10,11	V1,V3,V4
3	5	12, 13, 14	P8, P1, M1
	6	15	MA
	7	16	L1
4	8	...	LM
5	9	...	PI
6	10	...	MF

Figura 3.14 - Tabela de listagem de grupos, módulos e máquinas

## 1.2.: Computação do número de fluxo de operações ( NFO )

A cada peça feita dentro de cada grupo foi encontrado o NFO<sup>6</sup>, seguindo os seguintes sub-passos:

1.2.1.: Uma lista para cada grupo foi montado (exceto para limpeza (LM), para pintura (PI) e montagem (MF)) contendo: os módulos que continham em cada grupo, as máquinas e a quantidade de máquinas (N). Os dados para elaboração desta lista foram obtidos na tabela de módulo resumido, (fig. 3.11).

Por exemplo, na figura 3.15, é apresentada a lista do grupo 1 (G1):

Módulo	Máquina	N.
1	T4	1
2	T2	1
3	T3	1

Figura 3.15.: Lista de composição do grupo 1

<sup>6</sup> O NFO, número de fluxos de operações, pode ser entendido como o número de fluxo entre os módulos.

**1.2.2.:** O NFO para cada módulo e o  $f$ , que circulam entre os módulos, foi encontrado, a partir de uma análise da tabela de módulo resumido, (fig. 3.11).

Por exemplo, dentro do grupo 2 (fig.3.14), foi encontrado o módulo 4:

- Na tabela de módulo resumido (fig. 3.11) pode ser notado que este módulo (4), recebeu peças do módulo 1 e do módulo 2;
- Na relação módulo 1/módulo 4, existem 2 peças (o módulo 1, pertence ao grupo 1);
- Na relação módulo 2/módulo 4, existem 39 peças;

Logo, os NFO dos módulos 1 e 4 (NFO 14) têm o  $f$  igual a 2. E os NFO dos módulos 2 e 4 (NFO 24) têm o  $f$  igual a 39, conforme demonstrando na figura 3.17.

Módulo	Máquina	N.
4	S1	3
5	S5	1
7	S6	3

Figura 3.16.: Lista de composição do grupo 2

NFO	$f$
14	2
24	39
45	5
57	1

Figura 3.17.: No. de fluxo entre os módulos do G2

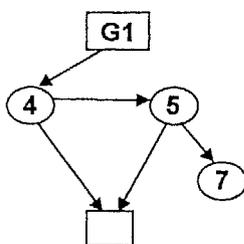
### 1.3.: Desenho do fluxograma<sup>7</sup>

Depois que os dois sub-passos (1.2.1 e 1.2.2) foram feitos para todos grupos, o desenho do fluxograma para cada grupo foi elaborado com base nos mesmos.

Por exemplo, no caso do grupo 2 (composto pelos módulos 4, 5 e 7), foi observado que o módulo 4 recebeu peças do módulo 1 ( G1 ) e do módulo 2 ( G1 ),

<sup>7</sup> Recapitulando, cada círculo representa um módulo. O triângulo é o estoque de materiais e o quadrado representa os grupos.

conforme figura 3.11. Então foi desenhada uma seta do G1 ao módulo 4. O mesmo foi feito para os módulos 5 e 7, a seguir, conforme a figura 3.17.



Abaixo, foi desenvolvido o estudo do sistema de fluxo para cada grupo:

### Grupo 1

Módulo	Máquina	Qtde.
1	T4	1
2	T2	1
3	T3	1

NFO	f
1	6
2	46
3	0

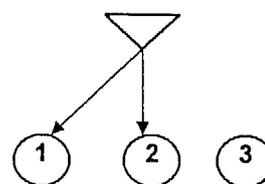


Figura 3.15.: Lista de composição do grupo 1

### Grupo 2

Módulo	Máquina	Qtde.
4	S1	3
5	S5	1
7	S6	3

NFO	f
14	2
24	39
45	5
57	1

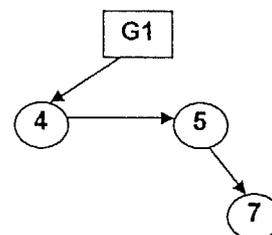


Fig. 3.16.: Lista de composição do G2 Figura 3.17.: NFO do G2

### Grupo 3

Módulo	Máquina	Qtde.
6	S4	1
8	S10	1

NFO	f
16	1
18	3
68	1

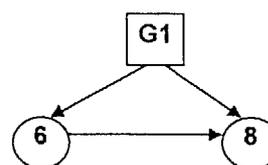


Fig. 3.18.: Lista de composição do G3 Figura 3.19.: NFO do G3

**Grupo 4**

Módulo	Máquina	Qtde.
9	V1	3
10	V3	2
11	VA	2

NFO	f
29	3
49	31
59	2
89	1
210	5
810	2
910	32
911	1

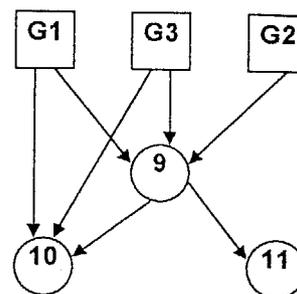


Fig. 3.20.: Lista de composição do G4 Figura 3.21.: NFO do G4

**Grupo 5**

Módulo	Máquina	Qtde.
12	P8	1
13	P1	6
14	M1	1

NFO	F
10 12	3
13 12	3
413	5
913	4
10 13	31
11 13	1
10 14	1
12 14	1

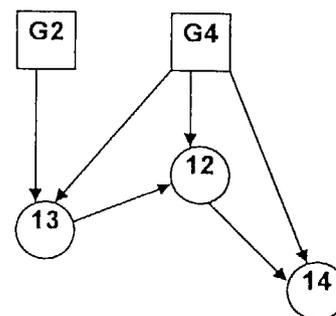


Fig. 3.22.: Lista de composição do G5 Figura 3.23.: NFO do G5

**Grupo 6**

Módulo	Máquina	Qtde.
15	MA	1

NFO	F
10 15	1
13 15	9
14 15	1

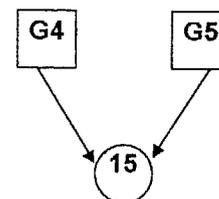


Fig. 3.24.: Lista de composição do G6 Figura 3.25.: NFO do G6

## Grupo 7

Módulo	Máquina	Qtde.
16	L1	1

NFO	F
516	2
<u>13 16</u>	5
<u>15 16</u>	5

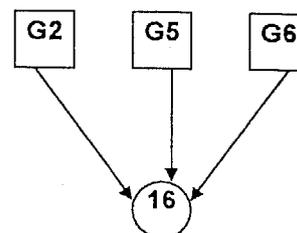
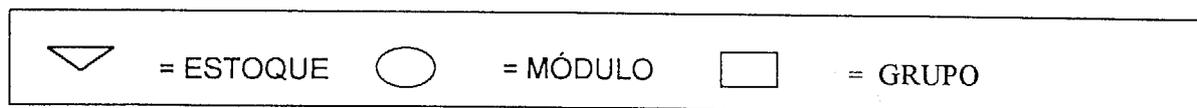


Fig. 3.26.: Lista de composição do G7 Figura 3.27.: NFO do G7



### Legenda

Conforme o fluxo de produção entre as máquinas (módulos) e dentro de cada grupo, uma melhor seqüência do *layout* de fábrica foi proposta. Porém, antes, conforme o passo a seguir, foi feito um planejamento do espaço físico.

## PASSO 2.: Planejamento do espaço físico para departamentos e grupos

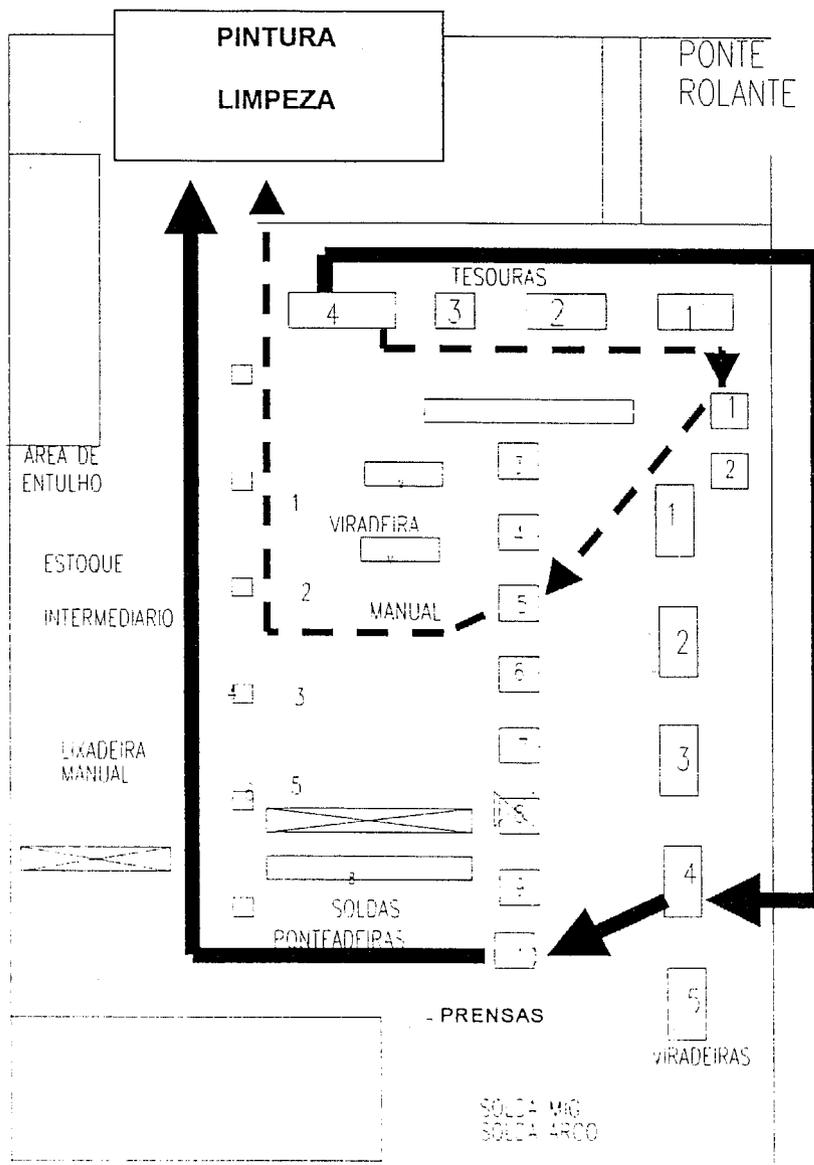
Para a efetivação da proposta de um novo *layout* foram consideradas algumas limitações do chão-de-fábrica da empresa X:

- O projeto do pavimento das instalações ( por exemplo, a distância entre as colunas, posição das portas, etc. );
- A necessidade de manter um sistema simples de passagens no chão-de-fábrica, com linha direta de fluxo dentro das instalações, entre as principais portas de acesso e escadas;
- A necessidade de posicionar máquinas pesadas em locais de fácil acesso aos guindastes e empilhadeiras;

- A necessidade de alocar processos, que requeiram eliminação de pó e fumaça, próximos às paredes externas.

### **PASSO 3.: - Proposta de um novo *layout* de fábrica**

Na figura 3.28 foi apresentado o *layout* atual do chão-de-fábrica, da empresa pesquisada. Através das aplicações das etapas da AFP e da análise das limitações sugeridas no passo 2, uma modificação foi sugerida conforme a figura 3.29.



QUADRADO MENOR: 300 COLUNAS  
 X SÃO MÁQUINAS PARADAS  
 NÚMEROS PERTO DA COLUNAS SÃO PONTEADEIRAS

→ FLUXOS DAS PEÇAS 51 E 52 DO PRODUTO 700  
 → FLUXO DA PEÇA 50 DO PRODUTO 700

Figura 3.28.: Layout da empresa pesquisada

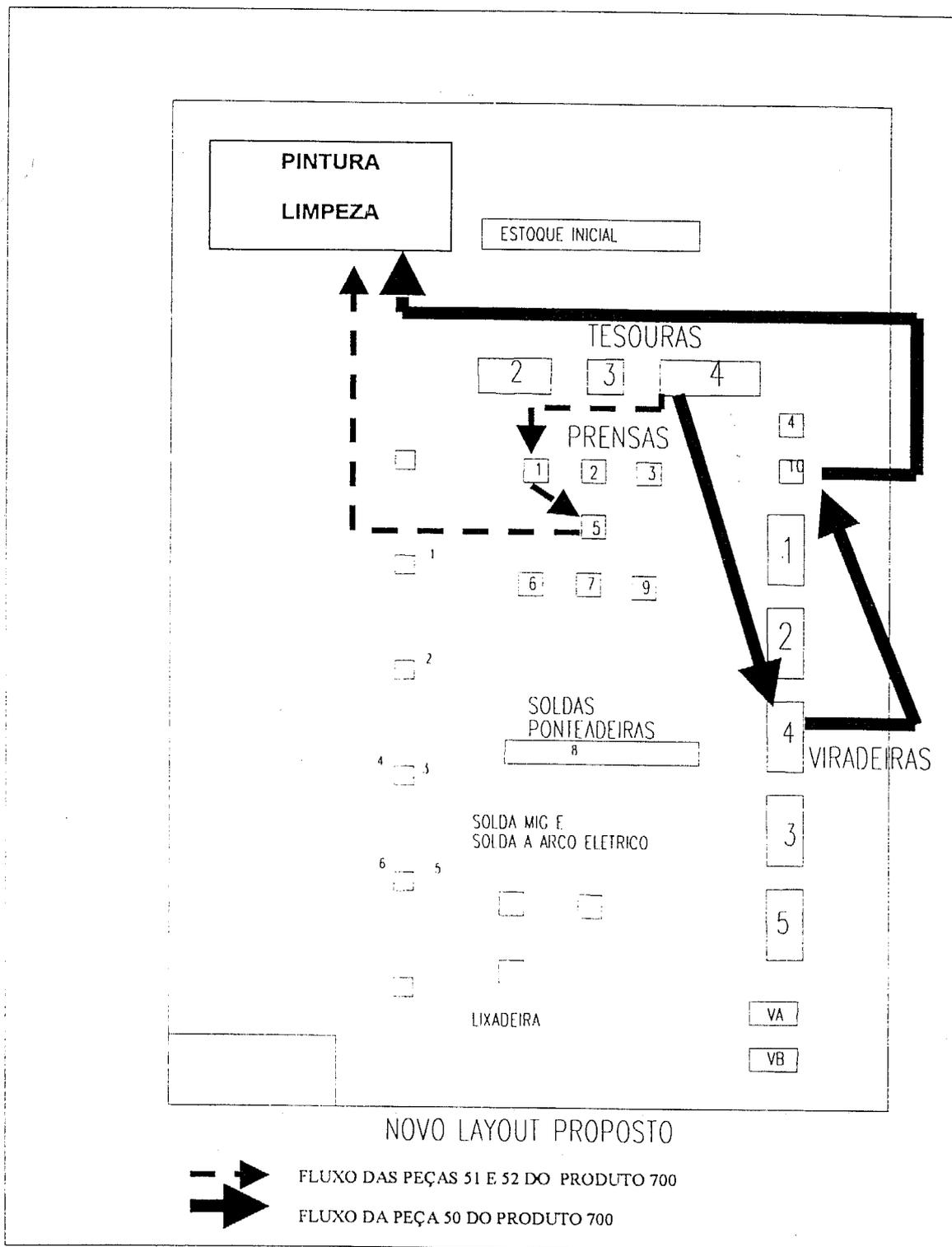


Figura 3.29.: Proposta do novo *layout* para empresa pesquisada

### 3.7. Resultados

Neste estudo procurou-se trabalhar sempre com dados e informações confiáveis e reais da empresa pesquisada, isto para que as alterações no *layout* proposto fossem apropriadas (figura 3.29).

A mudança no *layout* do chão-de-fábrica pode ser considerada como uma alternativa simples, eficiente e não necessita de muitos investimentos para sua efetivação, uma vez que a indústria encontrava-se em grandes dificuldades financeiras. Ao contrário, se fosse em outra circunstância, outras opções poderiam ser projetadas conforme o interesse dos dirigentes e as limitações citadas no passo 2.

Portanto, obteve-se os seguintes resultados através da aplicação conceitual da técnica Análise do Fluxo da Produção na empresa X:

- Otimização de fluxos, que cobriu um maior número de peças (94%);
- Grupos de máquinas foram unidos, respeitando a compatibilidade entre eles;
- As máquinas foram arranjadas dentro das limitações da empresa, de acordo com o fluxo de produção existente entre elas e dentro de cada grupo;
- E os fluxos de produção podem tornar-se mais simples e rápido com a implementação do novo *layout*.

Para exemplificação, nas figuras 3.28 e 3.29 foram demonstrados os fluxos de três peças que compõem o terceiro produto de maior faturamento da empresa. Ao fazer a comparação entre as figuras (do antes e do depois da aplicação conceitual da AFP) pode ser analisado que ocorreram otimizações nos fluxos de produção viabilizando a redução: de custos, do *lead time*, de *set-up*, da movimentação de pessoas e de estoques, além de proporcionar aumentos na produtividade e nos lucros, já que se trata de um produto com alta demanda.

Considera-se, com base neste caso, que a técnica AFP pode ser adequada para as PME's industriais pelo seu baixo grau de complexidade e por ter como objetivo a simplificação do fluxo de produção, resultando melhores desempenhos produtivos.

## **CAPÍTULO 4. Conclusões**

Tem-se como objetivo neste capítulo relatar as principais conclusões do trabalho desenvolvido e sugerir novos trabalhos para as PME's produtivas sejam desenvolvidos.

As conclusões são apresentadas em duas partes:

1. Conclusões sobre as PME's produtivas;
2. Conclusões gerais sobre o trabalho.

### **4.1. Conclusões sobre as PME's produtivas**

Com base no capítulo 1, algumas conclusões são apresentadas sobre as PME's produtivas:

1. A maioria das empresas no Brasil são PME's e representam 48% do total da produção nacional e cerca de 30% do PIB;
2. Os métodos de produção e administração são antiquados ;
3. Normalmente, possuem recursos escassos para novos investimentos. Principalmente, para P&D (Pesquisa & Desenvolvimento);
4. Não utilizam toda a capacidade instalada;
5. A maioria dos funcionários são treinados no trabalho;
6. O gerenciamento da empresa, geralmente, é ocupado por parentes ou pelo fundador. Únicos tomadores de decisões;
7. A maioria não alcançou um pleno potencial produtivo e competitivo no mercado;

8. É necessário o desenvolvimento de estratégias de manufatura;
9. A maioria possui estrutura organizacional simples, com nível de coordenação pequeno, centralizado e difuso;
10. Adotam, normalmente, sistemas produtivos sob encomenda e em lotes, além de *layouts* por posição fixa e por processo;
11. Geralmente o *layout* nas PME's não é planejado;
12. Apresentam habilidades em responder flexivelmente, a mudanças e a inovar.

#### 4.2. Conclusões gerais sobre o trabalho

O objetivo deste item é apresentar as principais conclusões de forma lógica, dos capítulos 2 e 3 do trabalho desenvolvido.

##### 4.2.1. *Tecnologia de grupo (TG):*

No capítulo 2, a revisão bibliográfica foi desenvolvida baseada nos principais autores da área.

A TG é uma coleção de técnicas organizacionais e vem sendo muito praticada em muitos países, principalmente, na Europa, desde a década 60. Pela experiência internacional e nacional é notada a aplicação em indústrias de diferentes tamanhos, tipos de produtos e ramos.

O desenvolvimento da TG ocorreu em três estágios. O *primeiro* tinha como objetivo diminuir o *set-up* de máquinas e foram bastante animadores os resultados. O *segundo* caracterizou-se pela adoção de células-piloto (célula de máquina). Onde o conceito de família foi estendido ao processo produtivo,

e não somente a forma geométrica de peças. O *terceiro* e atual estágio visa ao enfoque técnico e social para melhoramentos no trabalho dos operários. Assim, um novo sistema de produção foi considerado, o celular, podendo ser possível para PME's. Além de auxiliar na obtenção da integração de tecnologias mais complexas e sofisticadas: para a implantação de Manufatura Celular, MRP II, *Just-in-Time*, Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS), etc.

A TG tem como principais vantagens: redução de custos, pois há redução estoques em processos; redução do *lead time*; redução de refugos; a produção torna-se mais otimizada; e, conseqüentemente, há melhoria no controle da produção. Sua principal desvantagem está no custo de implementação, que tem variação conforme as particularidades das empresas e nos investimentos a fazerem, como por exemplo, reformas de instalações físicas, elétricas, etc.

A implantação de técnicas básicas da TG é ideal para PME's produtivas. Isto porque as principais características das PME's são congruentes com requisitos da TG, ou seja, há necessidade de se trabalhar com: produção de pequenos e médios lotes, componentes leves; inspeção mínima, trabalhos simples, máquinas baratas e similaridade de componentes e de operações da produção.

A utilização da TG tem como princípio básico identificar similaridades de peças por **processos** ou por **projetos** para formar famílias de peças e agrupá-las, para obtenção de maior produtividade na fabricação.

A formação de famílias de peças por similaridade de projetos, por produtos, é mais utilizada por empresas que possuam maiores variedades de produtos e que visam implantar *layout* em grupo (células).

Existem três técnicas básicas da TG para formação de famílias: o Método Visual (MV), o Sistema de Classificação e Codificação (SCC) e a

Análise do Fluxo de Produção (AFP) e conforme o método utilizado, o custo de sua implementação pode variar.

O MV não favorece amplos benefícios por ser muito restrito. O método SCC é mais voltado para desenvolvimento de projetos, tem maior complexidade e demanda maior tempo para ser desenvolvido, além de ser mais custoso, mesmo se adquirido. A AFP, tem vantagens sobre o SCC por obter resultados mais rápidos, pelo seu desenvolvimento ser mais simples e por exigir menores investimentos. A AFP pode ser desenvolvida manualmente, principalmente quando se tem uma quantidade inferior a 1000 peças.

Para formar famílias de peças por projeto de produtos, as técnicas MV e SCC podem ser utilizadas e são simples. Já no caso, de formação de famílias por processo, a AFP é mais sugerida para as PME's por ser mais simples, de baixo custo e por ter menor tempo de implementação.

Atualmente, existem diversas técnicas (e *software* específicos) para formação de família, visando maior flexibilidade e integração na indústria, mas mostram-se complexas, sofisticadas e de custo elevado para as PME's.

No Brasil, a TG ainda é pouco utilizada e os trabalhos científicos sobre o assunto são restritos. A maior parte das publicações, mesmo em outros países, relata sobre seu potencial de aplicação e uma pequena parte apresenta resultados de sua implementação nas empresas. Assim, faz-se necessário estudar, aplicar, avaliar e adaptar as técnicas existentes de TG para às condições das PME's .

#### **4.2.2. Adaptação e aplicação conceitual da AFP:**

No capítulo 3, a técnica Análise do Fluxo da Produção (AFP) foi adaptada e simplificada, para de tornar mais simples a sua aplicabilidade em PME's. Uma análise do sistema produtivo da empresa pesquisada foi

elaborada, utilizou-se a Curva ABC, foi desenvolvido um sistema de codificação e feito um levantamento de informações sobre as peças para facilitar a aplicação conceitual da AFP.

1. ***O sistema produtivo da empresa pesquisada:***

A empresa pesquisada, considerada uma pequena indústria do setor moveleiro, teve somente a unidade produtiva de aço analisada neste estudo, por apresentar um maior faturamento para a organização.

Foram diagnosticadas as seguintes características na linha de produtos de aço:

1. sistema produtivo era em lotes com baixos volumes, por atender pequenos pedidos de venda;
2. produtos sob encomenda, de baixo volume e fora da linha de produção não eram aceitos;
3. não havia um sistema eficiente de informação no processo produtivo e na apuração de custos;
4. controle da produção era realizado através da experiência do próprio administrador;
5. processo de pintura era arcaico;
6. utilizava apenas 50% da capacidade produtiva;
7. havia quebra freqüente de máquinas, pois o maquinário era antigo;
8. ausência de um controle de qualidade mais apurado nos produtos fabricados;
9. a manutenção das máquinas não era efetuada com freqüência;
10. a mão-de-obra pouco qualificada, além de considerada rotatividade;
11. ocorriam atrasos na entrega de matérias-primas;
12. havia necessidade de re-trabalhos na soldagem, gerando atrasos na entrega;
13. processo de soldagem necessitava ser modernizado;
14. atrasos na entrega dos produtos eram freqüentes; e

15. operavam com baixos estoques de matérias-primas e de estoques em processos.

Desta forma, a implementação da AFP, na empresa pesquisada, poderia agilizar bastante o processo produtivo, através da simplificação dos fluxos de produção. Uma padronização de peças no desenvolvimento de produtos, uma modernização no processo de soldagem e reestruturas na limpeza de chapas seriam necessárias para melhorar o seu desempenho produtivo. Além disso, poderia existir um pequeno estoque de material semi-acabado, já que haviam sérios problemas de atrasos de entregas de matérias-primas.

## 2. ***Utilização da Curva ABC:***

Através da Curva ABC identificamos os produtos mais importantes para a empresa em termos de faturamento. Foram identificados seis produtos (27,27%) que correspondiam a 69,55% do faturamento total. Sendo assim, a aplicação da técnica Análise de Fluxo de Produção (AFP) foi desenvolvida apenas para estes produtos, pertencentes a Classe A.

## 3. ***Informações indispensáveis para aplicar a AFP:***

A empresa não possuía um roteiro de fabricação e, somente, seus produtos estavam codificados. Desta forma, foi necessário fazer um levantamento da seqüência dos processos de fabricação de todas as peças no chão-de-fábrica.

O tempo de operação em cada máquina não foi necessário ser analisado. Ele é computado quando na formação de famílias de peças são encontradas muitas exceções de peças. No caso estudado, o número de exceções de peças encontrado foi muito irrelevante.

Foi desenvolvido um sistema de codificação mais abrangente, onde departamentos, processos, máquinas e peças foram codificados e depois analisados.

#### 4. ***Aplicação conceitual da AFP:***

A técnica AFP (Análise do Fluxo de Produção) foi simplificada a fim de diminuir sua complexidade e facilitar sua aplicação em PME's. Ela foi fundamentada nos estudos de Burbidge, estudioso há mais de vinte anos na área.

Este trabalho não teve o objetivo de comparar o método proposto de Burbidge com a técnica aqui desenvolvida e simplificada para as PME's. A saber, Burbidge em seus estudos trabalhou com um número bem maior de peças, apresentou exemplos de empresas com sistemas de produção em lotes, considerou os tempos de operações de máquinas e os movimentos dos fluxos de produção.

A aplicação conceitual da técnica, neste estudo, foi desenvolvida em 52 peças, ou seja, nos itens de produtos que correspondiam à grande porcentagem do faturamento total da empresa. E todos os fluxos destas peças foram analisados.

Foi utilizada a técnica AFP, na empresa pesquisada, porque: ela é considerada simples e aplicável em indústrias que trabalham com pequenos e médios lotes; visa a simplificação o fluxo de produção, tornando-o mais organizado e simples. Ela pode ser desenvolvida manualmente, não necessitando de computadores.

As três etapas básicas da técnica AFP foram desenvolvidas na empresa: a Análise do Fluxo entre Departamentos (AFD), a Análise por Grupo (AG) e a Análise por linha (AL).

A etapa AFD teve como resultado: uma movimentação do departamento de corte para dentro do estoque (estágio de preparação); uma combinação dos departamentos de prensa com as viradeiras; união dos departamentos de soldas e lixa; os demais departamentos, tais como, a limpeza, pintura e montagem final não foram unidos por haver incompatibilidade nos processos. Com isto, obteve-se uma melhor divisão da fábrica e uma simplificação no fluxo de produção entre os departamentos, que cobriu 94% do número de peças analisadas.

Na etapa AG, os departamentos de limpeza, pintura e montagem final, foram considerados como três grupos distintos, por ocorrer incompatibilidade entre eles e com os demais.

Sendo assim, cada máquina restante foi considerada e classificada conforme sua categoria. Uma análise foi feita para certificar quantas máquinas do mesmo tipo existiam, por terem a mesma função, capacidade e tamanho. Por exemplo, foi encontrada uma máquina de corte que não tinha a flexibilidade de transferir suas operações para outras duas máquinas, com as mesmas funções, no entanto com capacidade e tamanho diferentes. A partir disso, esta máquina foi classificada como especial.

Em todos os departamentos restantes, máquinas foram agrupadas formando-se **módulos**, *quando existiam máquinas com mesmo tipo e se executassem as mesmas operações que outras máquinas*. Desta forma, com base no exemplo citado anteriormente, concluiu-se que não foi possível formar um único módulo de máquinas de corte. Caso houvesse a possibilidade de formar um módulo de máquinas de corte, estas seriam agrupadas e receberiam um mesmo código. Outro exemplo, pode ser citado, haviam duas máquinas viradeiras manuais do mesmo tipo e as operações executadas por elas eram iguais, sendo assim, elas receberam um mesmo código.

Uma matriz de peças e de máquinas (módulos) foi desenvolvida para que fosse encontrado o número de peças advindas de outras máquinas e a quantidade de diferentes peças que cada tipo de máquina executava, a fim de conhecer o fluxo das peças no chão-de-fábrica. Por exemplo, através desta matriz foi diagnosticado que a máquina de solda mig, executava duas operações diferentes, sendo que uma peça era advinda da solda elétrica e a outra da viradeira.

A máquina mais importante dentro de cada módulo formado foi definida como máquina-chave. Ou seja, é uma máquina que recebeu um novo código, da qual contêm máquinas compatíveis entre si. É o caso da viradeira manual, exemplo citado anteriormente.

Assim, uma tabela de listagem de máquinas-chave (LMC) foi elaborada, respeitando: a seqüência de classificação de cada máquina; e computando em cada tipo de classificação, a quantidade de diferentes peças que cada máquina executava, em ordem crescente. Por exemplo, como relatado, foi descoberto na matriz peça X máquina que a solda mig executava duas diferentes operações. Anteriormente na pesquisa ela já tinha sido classificada como uma máquina especial, por ser a única deste tipo no chão-de-fábrica. Sendo assim, respeitou-se as condições exigidas para montagem da LMC, ao inclui-la na tabela .

Em seguida, a tabela de listagem de máquinas-chaves com a matriz peça/máquina foram unidas de forma sintetizada, gerando a tabela de módulo resumido. Isto para que os dados fossem agrupados, visando facilitar a compreensão da lógica da técnica AFP e para auxiliar nos passos que ainda iriam proceder.

O último passo da etapa AG, a formação de grupos, se desenvolveu com base nos módulos formados anteriormente. Assim, parte dos grupos foram constituídos por um conjunto de módulos.

Foi verificando o número de peças advindas de cada máquina (módulo) e utilizando a tabela de módulo resumido que os grupos foram selecionados, baseando-se na classificação de cada módulo. Isto, para que os módulos fossem agrupados, entre si, a fim de formar grupos, desde que fossem compatíveis entre si.

Por exemplo, três módulos de máquinas de virar (viradeiras) formaram um grupo por existir compatibilidade entre os módulos. Por outro lado, foi observado que a solda maçarico e a lixadeira, não tinham compatibilidade com outros módulos existentes, não podendo formar grupos. Desta forma, buscou-se formar o maior número de grupo possível, para otimizar o fluxo de peças.

A última etapa da AFP, a AL, foi desenvolvida, utilizando a tabela de módulo resumido, para encontrar o número de fluxos de operações entre os módulos de cada grupo formado, na etapa anterior. Além de encontrar também o número de peças advindas de outras máquinas, dentro dos módulos de cada grupo, para que fosse analisado o fluxo de peças entre as máquinas de um mesmo grupo.

Por exemplo, foi formado um grupo, que era constituído de dois módulos, sendo que em cada um havia uma máquina de prensar. Foi certificado que havia apenas um fluxo entre estes módulos (máquinas).

Em seguida, executou-se um planejamento do espaço físico no chão-de-fábrica e algumas limitações foram consideradas, como as instalações físicas, elétricas, etc. E uma alternativa foi definida, conforme as restrições financeiras da empresa em estudo. Porém, existiam outras opções para que se obtivesse uma melhor seqüência dos grupos formados.

A AFP poderia ser uma solução simples, de baixo custo e o fluxo de produção poderia ser simplificado, proporcionando melhores desempenhos produtivos, caso a empresa pesquisada implementasse esta técnica. Ainda

poderiam ocorrer reestruturações na manufatura referentes às redefinições de mão-de-obra, no sistema de informação e na atividade do controle da produção, tornando-os mais eficientes.

Durante a aplicação conceitual da AFP não foi observado nenhum procedimento anormal e/ou específico que invalidasse a técnica. Desta forma, considera-se que mesmo com uma amostra restrita, o método desenvolvido pode ser implementado em outras PME's industriais **que operam com pequenos e médios lotes e com média variedade de produtos**. Portanto, ao implantá-lo pode ser necessário fazer pequenas adaptações, dependendo de cada caso específico.

Esta técnica não deve ser indicada para indústrias que operam com grandes lotes e grandes variedades de produtos, isto porque tornaria muito complexo desenvolvê-la manualmente e selecionar as famílias de peças.

Para garantir um melhoramento contínuo, as PME's deveriam também adotar políticas que elevassem o nível de satisfação dos funcionários e os sistemas de informações deveriam ser informatizados, além de reverem seus processos produtivos pelo menos de três em três anos.

Como grande parte das PME's brasileiras não possuem uma cultura de P&D torna-se necessário o aumento de parcerias entre universidades, empresas e órgãos competentes para proporcionarem a consolidação de novos conhecimentos em busca de melhores resultados sociais, técnicos e financeiros, propiciando a existência e o surgimento de novas organizações.

### 4.3. Sugestões para novos trabalhos

Novas pesquisas podem ser desenvolvidas a partir deste estudo:

1. Difusão da aplicação prática do método proposto em PME's industriais;
2. Pesquisar empresas que obtiveram sucessos com a implantação da técnica AFP e utilizar seus resultados como base para futuros trabalhos;
3. Aplicar o método proposto em indústrias que operam com pequenos lotes e altas variedades de produtos;
4. Desenvolver uma aplicação da TG para implantação de células de manufatura em PME's;
5. Estudar e discutir as técnicas mais avançadas da TG que consideram os aspectos sociais da empresa e introduzi-las nas PME's;
6. E a partir do método proposto desenvolver um sistema informatizado para agilizar sua utilização.

Este trabalho é uma contribuição para literatura existente e para as PME's industriais brasileiras. Porém, a técnica nele apresentada pode ser aperfeiçoada com o desenvolvimento de mais pesquisas, uma vez que a TG ainda é pouca difundida no Brasil.

## Referências Bibliográficas

1. ARN, E. A. ***Group technology - an integrated planning and implementation concept for small and medium batch production.*** New York, Springer Verlag Berlin Heidelberg, 1975..
2. ARRUDA, P. E. S. ***Levantamento do estágio atual de implantação de tecnologia de grupo e células de manufatura no Estado de São Paulo.*** São Carlos, EESC/USP, 1994. (Dissertação, Mestrado em Engenharia).
3. BATOCCHIO, A. ***Codificação interativa de peças usando computador e tecnologia de grupo.*** São Carlos, EESC/USP, 1987. (Dissertação, Mestrado em Engenharia).
4. BATOCCHIO, A. & MAESTRELLI, N. C. ***O uso de análise de agrupamentos em manufatura celular.*** Máquinas e Metais, agosto, 1994, p-110-113.
5. BENNETT, D. & MACCONNELL, W. ***Management motivation to apply group technology.*** *Proceedings of the Fourteenth International Machine Tool design and Research Conference*, 14: p.193-196, sep., 1973.
6. BLACK, J. T. ***O projeto da fábrica com futuro.*** Ed. Bookman, Porto Alegre, 1998.
7. BUFFA, E. S. & SARIN, R. K. ***Modern production/operations management.*** New York, John Wiley & Sons, 1987.
8. BURBIDGE, J. L. ***Production flow analysis.*** *The Production Engineer* - april/may, 1971.
9. BURBIDGE, J. L. ***The introduction of group technology.*** New York, John Wiley and Sons, 1975.

10. BURBIDGE, J. L. ***A manual method of production flow analysis***. *The Production Engineer*, p. 34-38, oct. 1977.
11. BURBIDGE, J. L. ***Planejamento e controle da produção***. São Paulo, Ed. Atlas, 1983.
12. BURBIDGE, J. L. ***Production flow analysis for planning group technology***. Clarendon press-oxford, 1989.
13. BURBIDGE, J. L. ***Production control: a universal conceptual framework***. *Production Planning & Control*, v. 1, n. 1, 1990, p. 3-16.
14. BURBIDGE, J. L. ***Change to group technology: process organization is obsolete***. *International Journal of Production Research*, v.30, n.5, p. 1209-1219, 1992.
15. CHAN, H. M. & MILLER, D. A. ***Direct clustering algorithm for group formation in cellular manufacturing***. *Journal of Manufacturing Systems*, v.1, p-64-76, 1982.
16. CHANDRASEKARAN, B. & RAJAGOLAPAN, R. ***ZODIAC - an algorithm for concurrent formation of part-families and machine cells***. *International Journal of Production Research*, v. 25, n.6, p. 835-850,1987.
17. CHRISTIANO, A. C. ***Projeto e implantação de células de manufatura em uma empresa produtora de bens de capital sob encomenda***. São Carlos, EESC/USP, 1989. (Dissertação, Mestrado em Engenharia).
18. CHRISTIANO, A. C. ***Planejamento da produção na manufatura celular - um procedimento heurístico de programação de tarefas na produção não repetitiva sob encomenda***. São Carlos, EESC/USP, 1994. (Tese, Doutorado em Engenharia).

19. CORRÊA, H. L. *et al.* **Planejamento, programação e controle da produção: MRP II/ERP: conceitos, uso e implantação.** São Paulo, Ed. Atlas, 1997.
20. DAHAB, S. *et al.* **Competitividade e capacitação tecnológica para pequena e média empresa.** Salvador, Casa da Qualidade, 1995.
21. DIAS, M. A. P. **Administração de materiais - uma abordagem logística.** São Paulo, Ed. Atlas, 1993.
22. EUGENIO, S. H. **Sistema de auxílio ao projeto e avaliação de células de manufatura.** São Carlos, EESC/USP, 1993. (Dissertação, Mestrado em Engenharia).
23. FERREIRA, R. C. & FERREIRA RIBEIRO, J. F. **Coloração de grafos: uma aplicação em tecnologia de grupo.** XV ENEGEP/IICIE, 1995, p.1142-1147.
24. FERREIRA, R. C. **Uma aplicação da coloração de grafos para a tecnologia de grupo.** São Carlos, EESC/USP, 1996. (Dissertação, Mestrado em Engenharia).
25. FILION, L. J. **Free trade: the need for a definition of small business.** *Université du Québec à Trois. Rivières, Journal of Small Business & Entrepreneurship*, v.7, n.2, p. 33-45, jan/mar. 1990.
26. FLEURY, A. C. **Organização do trabalho em pequenas e médias empresas do setor mecânico.** *Revista de Administração*, v. 22, n.4, p. 17-27, out/dez, 1992.
27. GALLAGHER, C.C. & KNIGHT, W. A. **Group technology.** London Butterworths, 1973.
28. GALLAGHER, C.C. & KNIGHT, W. A. **Group technology production methods in manufacturing.** Chischester: Ellis Hoorwood, 1986.

29. GODOY, A . S. ***Pesquisa qualitativa - tipos fundamentais***. São Paulo, Revista de Administração de Empresas, mai/jun, 1995, v.35, n.3, p.20-29.
30. COMES, N. & NASSAR, P. ***A comunicação da pequena empresa***. São Paulo, Ed. Globo, 1997.
31. GONÇALVES FILHO, E. V. ***Introdução a tecnologia de grupo: um novo enfoque em sistemas de produção***. São Carlos/SP, 1982, DEM/EESC/USP. (Dissertação, Mestrado em Engenharia).
32. GONÇALVES FILHO, E. V. ***Computer-aided group technology part family formation based on pattern recognition techniques***. USA, 1988, Universidade de Pennsylvania. ( Tese de Doutorado )
33. GONÇALVES FILHO, E. V. & CHRISTIANO, A . C. ***Implantando células de manufatura em uma empresa com fabricação sob encomenda***. Gestão & Produção, 1(1): p. 49-58, abr. 1994.
34. GUZMÁN, G., SUCUPIRA, F., SIMÕES, V. ***Análise do fluxo de fabricação***. Belo Horizonte, março, 1997, DEP/EE/UFMG e SEBRAE/MG. (Relatório do projeto competitividade através da manufatura).
35. HAM, I. ***Introduction to group technology. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers. Dearborn, 1976 (Technical Report, NMR 76-03)***.
36. HAM, I. & REED, W. ***Preliminary survey results on group technology applications in metal-working. Machine tool Blue Book, 1977, p. 100-108***.
37. HAM, I. ***Aplicações da tecnologia de grupo para maior produtividade na fabricação***. Traduzido por Eduardo Vila Gonçalves Filho, Publicação 058/87, São Carlos, EESC/USP, 1987.

38. HAYER, R. H. & CLARK, K. B. *Explaining observed productivity differentials between plants: implications for operations research*. *Interfaces*, 1985, 15 (6), p-3-14.
39. HYER, N. L. & WEMMERLOV, U. *Group technology in the US manufacturing industry: a survey of current practices*. *International Journal of Production Research*, 1989, v. 27, n.8, p. 1287-1304.
40. JURAN, J. M. *A qualidade desde o projeto*. São Paulo, Ed. Pioneira, 1992.
41. KING, J. R. *Machine-component grouping in production flow analysis: an approach using a rank order clustering algorithm*. *International Journal of Production Research*, 1980, v. 18, n.2, p. 213-232.
42. MAESTRELLI, N. C. *Influência da aplicação de tecnologia de grupo sobre a flexibilidade operacional dos sistemas produtivos*. São Carlos, EESC/USP, 1992. (Dissertação, Mestrado em Engenharia).
43. MELLO, S. G. *O perfil das micro e pequenas empresas industriais mecânicas da Região de Bauru sob o enfoque da gestão de produtos: problemas e soluções*. São Paulo, 1996, Escola Politécnica da USP. (Tese, Doutorado Engenharia).
44. MINTZBERG, H. *Criando organizações eficazes: estruturas em cinco configurações*. São Paulo, Ed. Atlas, 1995.
45. MITROFANOV, S. P. *Scientific principles of group technology*. Boston, National Library for Science and Technology, 1966.
46. MONTEVECHI, J. A. B. *Contribuição para identificação de similaridades entre peças - abordagem baseada na lógica fuzzy em sistemas de apoio computadorizados*. São Paulo, 1995, EP/USP. (Tese, Doutorado em Engenharia).

47. MONTEVECHI, J. A. B. ***Tecnologia de grupo aplicada ao projeto de células de fabricação.*** Florianópolis, 1989, UFSC. (Dissertação, Mestrado em Engenharia).
48. MUKHOPADHYAY, S. K. & GOPALAKRISHNAN, A. ***A vector analytic (VECAN) method for solving the machine-part grouping problem in GT.*** *International Journal of Production Research*, v. 33, n.3, p. 795-818, 1995.
49. NADLER, D. ***Arquitetura organizacional: a chave para a mudança empresarial.*** Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1994.
50. OPITZ, H. & WIENDAHL, H. P. ***Group technology and manufacturing systems for small and medium quantity production.*** *International Journal of Production Research*, v.9, n.1, p. 181-203, 1971.
51. PENNA, R. R. & KOLASCO, N. O. ***Estratégia da manufatura – visão na área de custos e melhoramentos na produção.*** Belo Horizonte, julho/97, EE/UFMG. (Relatório).
52. PINHEIRO, M. ***Gestão e desempenho das empresas de pequeno porte - uma abordagem conceitual e empírica.***, São Paulo, fev. 1996, FEA/USP. (Tese, Doutorado em Administração).
53. PIRES, S. R. I. ***Planejamento e controle da produção em indústrias que utilizam tecnologia de grupo: um modelo de sequenciamento da produção celular dependente dos tempos de preparação de máquinas.*** São Carlos, EESC/USP, 1989. (Dissertação, Mestrado em Engenharia).
54. PIRES, S. R. I. ***Integração do planejamento e controle da produção a uma estratégia da manufatura.*** São Carlos, EESC/USP, 1994. (Tese, Doutorado em Engenharia).

55. PORTER, M. E. ***Estratégia competitiva - técnicas para análise de indústria e da economia***. Rio de Janeiro, Ed. campus, 1986.
56. PORTER, M. E. ***Vantagem competitiva - criando e sustentando um desempenho superior***. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1989.
57. PORTER, M. E. ***A vantagem competitiva das nações***. Rio de Janeiro, Ed. Campus, 1992.
58. PROENÇA, A. ***Gerência de produção e competitividade: premissas da abordagem das capacitações dinâmicas em estratégia da produção***. Rio de Janeiro, COPPE, 1994. ( Tese, Doutorado em Engenharia).
59. ROMMEL, G. *et al.* ***Simplicity wins how Germany's mid – sized industrial companies succeed***. Harvard Business School Press, Boston, 1995..
60. SÉRIO, L. C. ***Aplicação de tecnologia de grupo no planejamento de um sistema produtivo para caldeiraria***. São Carlos, EESC/USP, 1985. ( Tese, Doutorado em Engenharia).
61. SÉRIO, L. C. ***Tecnologia de grupo no planejamento de um sistema produtivo***. São Paulo, Ed. Ícone, 1990.
62. SEBRAE. ***Estudos - a consultoria empresarial externa nas pequenas e médias empresas de São Paulo***. Revista do SEBRAE, jul/ago, 1994.
63. SEBRAE e Instituto de Economia Industrial da UFRJ. ***Indicadores de competitividade para micro e pequenas empresas industriais no Brasil (Sumário Executivo)***. Brasília, julho de 1993.
64. SEBRAE. ***O Mercosul e a pequena empresa. Oportunidades e Ameaças***. Curitiba, Ed. SEBRAE, 1993.

65. SILVEIRA, M. A. ***Estratégia de manufatura para pequenas e médias empresas***. Belo Horizonte, 1996, EE/UFMG. (Dissertação, Mestrado em Engenharia).
66. SILVEIRA, G. J. C. ***Uma metodologia de implantação da manufatura celular***. Porto Alegre, PPGE/EE/UFRGS, abril, 1994. (Dissertação, Mestrado em Engenharia).
67. SKINNER, W. ***Manufacturing - the missing link in corporate strategy***. *Harvard Business Review*, 1969, may-jun, p. 136-145.
68. SLACK, N. ***Vantagem competitiva em manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais***. São Paulo, Ed. Atlas, 1993.
69. SLACK, N. ***Administração da produção***. São Paulo, Ed. Atlas, 1997.
70. STREBEL, P. ***Breakpoints: como as empresas exploram mudanças radicais nos negócios***. São Paulo, Ed. Atlas, 1993.
71. SWAMIDASS, P. M. ***Manufacturing strategy: its assessment and practice***. *Journal of Operations Management*, 1986, 6(3-4), p. 471-484.
72. ROMMEL, G. *et al.* ***Simplicity wins how Germany's mid-sized industrial companies succeed***. Boston, 1995, Harvard Business School Press.
73. TOMAOKA, R. M. ***Aplicação da tecnologia de grupo na formação de famílias de ferramentas de usinagem para torneamento***. São Carlos, EESC/USP, 1991. (Dissertação, Mestrado em Engenharia).
74. VIEIRA, S. ***Como escrever uma tese***. São Paulo, Ed. Pioneira, 1996.
75. WHEELWRIGHT, S. & HAYES, R. H. ***Restoring our competitive edge, competing though manufacturing***. New York, John Wiley, 1984.

76. WHEELWRIGHT, S. & HAYES, R. H. **Competing though manufacturing.**

*Harvard Business Review. Jan-fev. p. 99-109, 1985.*

77. ZELENOVIC, D. M. & TESIC, Z, M. **Period batch control and group**

**technology.** *International Journal of Production Research*, v. 26, n.3, p. 539-552, 1988.

## ANEXOS

## ANEXO 1

Questionário para seleção de empresas a serem pesquisadas<sup>1</sup>

Nome da empresa: \_\_\_\_\_

Endereço: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Tel.: \_\_\_\_\_

Nome do Proprietário: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1. Número aproximado de funcionários: \_\_\_\_\_

2. Quais são seus principais produtos?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

3. Qual é o mercado-alvo que a empresa atua? (luxo, médio e/ou popular)

\_\_\_\_\_

4. Como você classificaria seu interesse em participar deste projeto?

Muito     Pouco     Nenhum

5. O tempo estimado para participar do projeto é em média de 5 horas/semana. Você teria disponibilidade?

Sim     Não     Outra sugestão: \_\_\_\_\_

<sup>1</sup> Este questionário foi utilizado para selecionar empresas que visavam participar do projeto "Competitividade através da manufatura", desenvolvido em parceria pelo DEP/EE/UFMG e SEBRAE/MG.

## 2 - Questionário para análise da empresa pesquisada<sup>2</sup>

Nome da empresa: \_\_\_\_\_

Segmento de móveis que trabalha: \_\_\_\_\_

Nº. de Funcionários: \_\_\_\_\_

### *FASE I – Planejamento Estratégico da Manufatura*

1.1- Quais as famílias / linhas de produtos da empresa?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

1.2 - Qual é o percentual de cada linha de produto dentro do faturamento total da empresa?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

1.3 - Qual alternativa caracteriza o objetivo de desempenho da empresa para os próximos 2 anos? (Marque somente um)

Crescer    Manter-se    Outro: \_\_\_\_\_

1.4 - Marque em que aspecto a empresa compete hoje:

Preço    Qualidade    Entregas rápidas    Diferenciação de produtos  
 Outro: \_\_\_\_\_

1.5 - Marque como é a relação da empresa com seus fornecedores?

Muito boa    Boa    Ruim

<sup>2</sup> As respostas obtidas através deste questionário foram utilizadas no item 3.2, do capítulo 3.

1.6 - Com quantos fornecedores a empresa trabalha? \_\_\_\_\_

1.7 - Marque como é a qualificação da mão-de-obra da empresa:

Excelente    Muito boa    Boa    Regular    Ruim

1.8 - A empresa investe em treinamento de pessoal?    Sim    Não

1.9 - A empresa utiliza algum sistema informatizado?    Sim    Não. Qual?

\_\_\_\_\_

1.10 - Quais os canais de distribuição que a empresa utiliza?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

1.11 - Qual é o período de lançamento de novos produtos na empresa:

Um ano    Seis meses    Outros: \_\_\_\_\_

### ***FASE II – Sistema de Controle e Apropriação da Produção***

2.1 - Qual é a atual capacidade produtiva da empresa? \_\_\_\_\_

2.2 - Existe gargalo na produção?    Não    Sim. Qual e por que?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2.3 - O estoque de:

matéria-prima é:  alto  médio  baixo  
produtos semi-acabados é:  alto  médio  baixo  
produtos acabados é:  alto  médio  baixo

2.4 - A rotatividade de compras de:

matéria-prima é:  alta  média  baixa  
produtos semi-acabados é:  alta  média  baixa

2.5 - A empresa utiliza algum sistema de cálculo de custo da produção?  
 Não  Sim. Qual?

---

---

### ***FASE III – Sistema de Programação Mestre da Produção***

3.1 - A empresa fabrica por:

Encomenda  Em série / grandes vol.  Em série / baixos vol.

3.2 - A empresa utiliza algum sistema de planejamento e controle da produção?  
 Não  Sim. Qual?

---

---

### ***FASE IV – Metodologia para o Processo de Implementação de Mudanças Organizacionais***

4.1 - Quais as restrições impostas para a adoção e implementação do projeto proposto?

---

---

---

**ANEXO 2****TABELAS DE PRODUTOS, PEÇAS, PROCESSOS E MÁQUINAS<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Estas tabelas foram montadas para o levantamento do fluxo de produção de cada peça dos produtos selecionados, antes da aplicação conceitual da técnica AFP.

TABELA DE PRODUTOS, PEÇAS, PROCESSOS E MAQUINAS

NOME PRODUTO	CÓDIGO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA	CÓDIGO PROCESSO	CÓDIGO MAQUINA		
ARQUIVO	111	LADO	LAD (01)	CO	T2		
				PR	S1 e S2		
				VE	V3		
					V2		
					V4		
				SE	P8		
				CABEÇA	CAB (02)	CO	T2
						PR	S1 e S2
		VE	V3				
			V2				
		SE	P6				
			P8				
		SA	MA				
		SM	M1				
		LX	L1				
		PÉ ESTRUTURA	PEE (03)	CO	T2		
				VE	V3 E V4		
				SE	P5		
				CARRINHO	CAR (04)	CO	T2
						PR	S1
		PÉ DE BASE	PB (05)	VE	S2		
					V4		
				PR	S2		
S5							
VM	S3						
	VA						
SE	P5						
CO	T2						
VE	V3						

PRODUTO	CODIGO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CODIGO DA PEÇA	CODIGO PROCESSO	CODIGO MÁQUINA		
	111	TRAVESSA	TRA (06)	CO	T2		
				VE	V3		
				SM	M1		
		SUPORTE				CO	T2
						PR	S1 e S2
						VE	V2
						SE	P5
						CO	T2
		GAVETA				VE	V5
						VE	V3
						SE	P5
						CO	T2
		FRENTE GAVETA				SE	P5
						CO	T2
						PR	S5
						VE	S9
						VE	V5
						PR	S3
		ALMOFADA				SE	P1
						CO	T2
						VE	V3
TRASSEIROS				SE	P5		
				SE	P5		
CORRENTIÇA				Ver processo cantoneira no produto 700			
				SE	P1 e P2		
				CO	T2		
				PR	S1		
				VE	V5		
				VE	V4		
				PR	S5		
				PR	S3		
				SE	S5		
				SE	P1		
				LX	L1		
				LP	LM		
PT	PI						
MO	MF						

TABELA DE PRODUTOS, PEÇAS, PROCESSOS E MÁQUINAS

NOME PRODUTO	CÓDIGO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA	CÓDIGO PROCESSO	CÓDIGO MÁQUINA
ARMÁRIO	200	2 LADOS	2LA (13)	CO	T2
				PR	S1 E S2
				VE	V1
					V2
					V3
					V4
				SE	P7
		COSTA	COS (14)	CO	T2
				PR	S1
				VE	V1
					V2
					V3
				SE	P5
		CABEÇA	CAB (15)	CO	T2
				PR	S1 E S2
				VE	V3
					V4
				S A	MA
				SE	P5
				LX	L1
FUNDO	FUN (16)	CO	T2		
		PR	S1 E S2		
		VE	V3		
			V4		
PÉ BASE	PEB (17)	S A	MA		
		SE	P5		
		CO	T2		
		PR	S1 E S2		
		VE	V3		
			V4		
		SE	P6		

NOME PRODUTO	CÓDIGO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA	CÓDIGO PROCESSO	CÓDIGO MÁQUINA	
	200	PORTAS	POR (18)	CO	T2	
				PR	S1 E S2	
				VE	V3	
					V4	
				SE	P7	
		REFORÇO		REF (19)	CO	T2
					VE	V4
					SE	P7
						PI
					LX	L1
		DOBRADIÇA		DOB (20)	LP	LM
					PT	PI
					CO	T2
					PR	S3
					SE	S2
CREMALHEIRA		CRE (21)	SE	PI		
			MO	MM		
			CO	T2		
			PR	S3		
			SE	P7		
PRATELEIRA		PRA (22)	MO	MM		
			CO	T2		
			PR	S1		
			VE	V3		
			PT	V4		
	PI					
				MO	MF	

TABELA DE PRODUTOS, PEÇAS, PROCESSOS E MÁQUINAS

NOME PRODUTO	CÓDIGO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA	CÓDIGO PROCESSO	CÓDIGO MÁQUINA
ARMÁRIO AR2	208	2 LADOS	2LA (23)	CO	T2
				PR	S1 E S2
				VE	V1
					V2
			V3		
			V4		
		COSTA	COS (24)	CO	T2
				PR	S1
				VE	V1
					V2
			V3		
			MF		
		CABEÇA	CAB (25)	CO	T2
				PR	S1 E S2
				VE	V3
					V4
				SA	MA
				LX	L1
				MO	MF
		FUNDO	FUN (26)	CO	T2
				PR	S1 E S2
				VE	V3
					V4
			MA		
		PÉ BASE	PEB (27)	CO	T2
				PR	S1 E S2
				VE	V3
	V4				
SE	P6				

NOME PRODUTO	CÓDIGO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA	CÓDIGO PROCESSO	CÓDIGO MÁQUINA
	208	PORTAS	POR (28)	CO	T2
				PR	S1 E S2
				VE	V3
					V4
				SE	P7
		REFORÇO	REF (29)	CO	T2
				VE	V4
				SE	P7
				LX	P1
				LP	L1
		DOBRADIÇA	DOB (30)	LP	LM
				PT	P1
				CO	T2
				PR	S3
					S2
CREMALHEIRA	CRE (31)	SE	P1		
		CO	T2		
		PR	S3		
		SE	P7		
		MO	MF		
PRATELEIRA	PRA (32)	CO	T2		
		PR	S1		
		VE	V3		
			V4		
		SE	P8		
		PT	P1		

TABELA DE PRODUTOS, PEÇAS, PROCESSOS E MÁQUINAS

NOME PRODUTO	CÓDIGO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA	CÓDIGO PROCESSO	CÓDIGO MÁQUINA
Guarda Roupa GR	605	CABEÇA	CAB (33)	CO	T2
				PR	S1
					S1
				VE	V3
					V2
				AS	MA
				SE	P5
				LX	L1
				CO	T2
				PR	S1 E S2
		LADO	LAD (34)		S2
				VE	V1
					V2
					V3
				SE	P5
				VE	S3
					S2
		COSTA	COS (35)	CO	T2
				PR	S1 E S2
				VE	V1
					V2
					V3
				SE	P5
FUNDO	FUN (36)	CO	T2		
		PR	S1 ou S2		
		VE	V3		
			V2		
		AS	MA		
		SE	P5		

NOME PRODUTO	CÓDIGO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA	CÓDIGO PROCESSO	CÓDIGO MÁQUINA
	605	DIVISÃO	DIV (37)	CO	T2
				PR	S1
					S2
				VE	V3
					V2
				SE	P5
					P8
		PRATELEIRA	PRA (38)	CO	T2
				PR	S2
				VE	V3
					V2
				SE	P5
		PÉ DE FUNDO	PEF (39)	CO	P8
				PR	T4
				VE	S10
				AS	V5
				SE	MA
					P5
		PORTA	POR (40)	CO	T2
				PR	S1
					S2
				VE	V3
	V2				
PR	S3				
	S1				
SE	P1				
	P2				
	LJ				
	LM				
	PT				
	PI				
	MO	MF			



NOME PRODUTO	CÓDIGO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA	CÓDIGO PROCESSO	CÓDIGO MÁQUINA		
	606	DIVISÃO	DIV (45)	CO	T2		
				PR	S1		
					S2		
				VE	V3		
					V2		
				SE	P5		
					P8		
		PRATELEIRA			PRA (46)	CO	T2
						PR	S2
						VE	V3
							V2
						MO	MF
		PÉ DE FUNDO			PEF (47)	CO	T4
						PR	S10
						VE	V5
						A S	MA
						SE	P5
		PORTA			POR (48)	CO	T2
						PR	S1
							S2
						VE	V3
	V2						
PR	S3						
	S1						
SE	P1						
	P2						
	L1						
	LM						
	PT	PI					
	MO	MF					

TABELA DE PRODUTOS, PEÇAS, PROCESSOS E MÁQUINAS

NOME PRODUTO	CÓDIGO PRODUTO	NOME DA PEÇA	CÓDIGO DA PEÇA	CÓDIGO PROCESSO	CÓDIGO MÁQUINA
ESTANTES ABERTAS E FECHADAS	700	PRATELEIRA	PAR	CO	T2
			(49)	PR	S1
				S2	
				VE	V3
				V2	
				LP	LM
				PT	PI
				MO	MF
		CANTONEIRA	CO	T4	
			VE	V4	
			PR	S10	
			LP	LM	
			PT	PI	
			MO	MF	
		X FUNDO E X LATERAL	XF E XL (51) e (52)	CO	T4
				PR	S1
				S5	
				LP	LM
				PT	PI
				MO	MF

## ANEXO 3

Verificação da precisão dos dados<sup>1</sup>

Para verificar a precisão dos dados, através da tabela ORIGEM / DESTINO, basta seguir as informações abaixo:

Cada par de dígitos, em seqüência, no NFP representa uma " rota de fluxo " entre os processos. Para encontrar os número de peças diferentes que seguem uma mesma rota de fluxo, deve-se conhecer as rotas de todos os NFP's e depois somar o número de peças listadas na Tabela de frequência de NFP, tab. 1.1.

*Exemplo 1:* a rota de fluxo de corte (1) para prensa (2) ocorre em 14 NFP's, que contêm um total de 43 peças:

NFP <u>12</u> 34	=	15
NFP <u>12</u> 354	=	6
NFP <u>12</u> 3546	=	4
NFP <u>12</u> 3246789	=	3
NFP <u>12</u> 343	=	2
NFP <u>12</u> 389	=	2
NFP <u>12</u> 4	=	2
NFP <u>12</u> 49	=	2
NFP <u>12</u> 789	=	2
NFP <u>12</u> 3234	=	1
NFP <u>12</u> 324	=	1
NFP <u>12</u> 3456	=	1
NFP <u>12</u> 348	=	1
NFP <u>12</u> 3789	=	1

---

total de peças = 43

total de NFP's = 14

*Exemplo 2:* a rota de fluxo da viradeira (3) para solda (5) ocorre em 03 NFP's, que contêm um total de 11 peças, como pode ser visto na tabela de frequência de NFP.

NFP <u>12</u> 354	=	6
NFP <u>12</u> 3546	=	4
NFP <u>13</u> 5	=	1

---

total de peças = 11

total de NFP's = 3

<sup>1</sup>Esta tabela foi utilizada no projeto "Competitividade através da manufatura", desenvolvido pelo DEP/EE/UFMG e SEBRAE/MG.

A tabela abaixo demonstra a ORIGEM e DESTINO de todos os NFP's encontrados entre os departamentos. A primeira coluna representa os departamentos de ORIGEM de cada peça e a primeira linha representa os departamentos de DESTINO de cada peça. A última coluna é o somatório de todas as peças que saem dos departamentos de ORIGEM e a última linha é o somatório de todas as peças que chegam aos departamentos de DESTINO.

DEP.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	TOTAL
1		43	9							52
2			38	9			3			50
3		7		26	11		1	1	1	47
4			2		1	9		1	2	15
5				10		1				11
6							5			5
7								9		9
8									6	6
9										
TOTAL		50	49	45	12	10	9	11	9	195

Tabela ORIGEM / DESTINO

Para certificar a exatidão dos dados a soma de peças dos departamentos de ORIGEM deverá ser igual à soma de peças dos departamentos de DESTINO, conforme visto na tabela acima.

## ANEXO 4

### Passos básicos para PME's industriais implantarem a técnica Análise do Fluxo de Produção

#### Introdução

Tem-se como objetivo neste tópico apresentar três passos básicos para PME's que visam implantar a técnica Análise do Fluxo de Produção (AFP). A elaboração destes passos foi fundamentada e adaptada dos estudos de SILVEIRA (1994)<sup>1</sup>.

Para a otimizar o fluxo de produção no chão-de-fábrica, não é suficiente apenas o conhecimento da técnica AFP. Com certeza ele é indispensável mas, o processo peculiares a cada empresa, que interferem nos resultados da aplicação.

Para diminuir a complexidade que pode ocorrer no processo de reestruturação do sistema produtivo um projeto bem planejado deve ser desenvolvido, tendo como características: fácil adaptação, boa coordenação e um cronologia de implantação, conforme a viabilidade da fábrica. Os passos a serem executados pela equipe do projeto devem ser objetivos, aceitos, claros e bem compreendidos por eles e demais áreas da empresa. Isto para que haja um envolvimento e participação de várias pessoas da companhia.

Nesta etapa é necessário um esforço concentrado pois, é um momento de mudanças no aspecto técnico, social e cultural da fábrica. Para isto, os funcionários têm que ter um treinamento (mesmo para um número razoável de pessoas), em busca de maior satisfação profissional.

---

<sup>1</sup> SILVEIRA (1994), a partir de vários estudos e por experiência prática, desenvolveu um modelo básico de implantação da Manufatura Celular.

Três passos básicos devem ser desenvolvidos para implantar a AFP:

- PASSO 1. Fase de preparação;**
- PASSO 2. Fase de definição; e**
- PASSO 3. Fase de implantação.**

O *primeiro passo* visa a definição da equipe e da área física de atuação. Isto é, preparar os funcionários, avaliar as principais características da fábrica e definir uma unidade produtiva-piloto. O *segundo* refere-se ao levantamento de dados e informações da unidade produtiva-piloto; implantação de um sistema de codificação de departamentos, peças, produtos, processos e máquinas do processo produtivo; desenvolvimento da curva ABC nos produtos e aplicação da Análise do Fluxo de Produção nos produtos com maiores faturamentos. O último *passo* consiste na implementação, gerenciamento, controle e avaliação do novo *layout*. Esta parte pode ser a mais crítica do projeto por ser mais longa e, realmente exigir capacidade e desempenho principalmente, dos proprietários em reestruturar a unidade produtiva-piloto.

### **PASSO 1. Fase de preparação**

Primeiro, deve se dedicar ao estudo do ambiente no qual se pretende reestruturar. Os aspectos organizacionais, sociais e técnicos da fábrica precisam ser entendidos para que no futuro não ocorram incompatibilidades, impedindo o desenvolvimento dos passos anteriores.

Três sub-passos fundamentais são necessários na fase de preparação para a mudança:

---

**PASSO 1.1. Análise da empresa;**

**PASSO 1.2. Formação da equipe do projeto**

**PASSO 1.3. Definição da unidade produtiva-piloto;**

### **PASSO 1.1. Análise da empresa**

A análise da empresa tem como objetivo primordial ceder aos analistas internos e/ou externos, à empresa, uma visão mais minuciosa do ambiente no qual vai ser desenvolvido o trabalho. Dois pontos relevantes necessitam ser considerados na organização: sua estrutura tecnológica e sua cultura técnica existente em torno desta tecnologia. Assim, algumas questões precisam ser respondidas, conforme o quadro abaixo, para facilitar a compreensão e a modelagem do mesmo.

ESTRUTURA TECNOLÓGICA	CULTURA TÉCNICA
1. Quais são as peças e produtos produzidos na indústria? Quais são seus tamanhos, composição e características?	Quais são os resultados obtidos e o histórico de outras reestruturações no chão-de-fábrica?
2. Quais são os tipos de máquinas instaladas? Quais são as suas dimensões e facilidades para movimentação? Existem máquinas que não podem ser removidas ou deslocadas? Quais são os tipos de instalações exigidos (ar, energia, água, etc.) Qual é o grau de automação no chão-de-fábrica?	Qual é o grau de instrução dos funcionários? Como é o nível salarial? Qual é a política de treinamento da empresa? Quais são os benefícios existentes? Existe um plano de carreira? De que tipo é a atuação do sindicato?
3. Qual é o volume da produção? Qual é a diversidade de produtos e peças? Qual é o grau de similaridade estimados entre peças e máquinas?	Qual é o grau de motivação dos funcionários quanto a rotina de trabalho e projetos de melhorias? Qual é o histórico da participação dos funcionários em decisões na organização? Qual é o grau de greves e negociações? Quais são os meios formais e informais de comunicação vertical e horizontal?
Qual é a porcentagem de faturamento de cada produto, o volume de fabricação e a lucratividade da organização?	Qual é o nível de interesse e envolvimento esperados da cúpula administrativa e da média gerência no presente projeto, e qual foi este, no passado?
Quais são as margens de contribuições, tempos de processamento, tempos de preparação, <i>lead times</i> , inventários, área alocada e disponível, número de funcionários diretos e indiretos? Quais são os gargalos no chão-de-fábrica?	Qual é o nível de conhecimento e entendimento dos objetivos e funcionamento da análise de fluxo de produção nos níveis hierárquicos da empresa?
Existem outras tecnologias recentemente implementadas? Qual foi o grau de sucesso de cada uma? Como é o atual sistema de planejamento e controle da produção?	Quais são os impactos esperados da mudança do <i>layout</i> em termos de benefícios pessoais, melhorias nas condições de trabalho, no envolvimento, ritmo e motivação do trabalho?

Fonte: Adaptação de SILVEIRA (1994)

O próximo item pode ser executado após chegarem as conclusões referentes as questões levantadas acima.

### **PASSO 1.2. Formação da equipe do projeto**

Nesta etapa tem como objetivo envolver todas as pessoas relacionadas com o processo de reestruturação - decisores, supervisor da área, técnicos, encarregado de planejamento e controle da produção, operários - para que possam definir a equipe multifuncional destinada a executar o projeto.

Após a formação da equipe do projeto torna-se necessário seminários, reuniões, treinamentos, conversas informais, formação de líderes e visitas a empresas que implantaram a técnica AFP. O grupo deve sentir-se comprometido e responsável pelo alcance do resultado almejado, para isso os proprietários devem conceder autoridade correspondente e/ou uma remuneração compatível, não necessariamente financeira.

Uma equipe multifuncional é fundamental para a redução de conflitos que possam ocorrer no desenvolvimento do projeto, além de integrar sistemicamente a manufatura ao escopo estratégico da empresa.

### **PASSO 1.3. Definição da unidade produtiva-piloto;**

A implantação da Análise do Fluxo de Produção em uma pequena e média empresa, com mais de uma unidade produtiva, não deve ser realizada de uma única vez. É aconselhável aplicar a técnica em cada unidade produtiva respectivamente. A adoção de uma unidade-piloto<sup>2</sup> é importante devido aos custos da mudança, da quantidade de aspectos a serem respeitados, do número de funcionários envolvidos e do risco associado à implantação de qualquer projeto.

---

<sup>2</sup> Vale ressaltar, que é importante cada área ou sistema produtivo cumprir as necessidades estratégicas da empresa, para diminuir a incidência de problemas (como por exemplo, a incompatibilidade de estratégias, incapacidade de atendimento a novas demandas e complexidade no surgimento de novos produtos) e reduzir os custos.

Os critérios para a escolha da unidade-piloto são diversos, dependendo das necessidades e características do projeto. Alguns critérios, são apresentados:

- Faturamento de cada unidade produtiva em relação ao total;
- Diversidade de máquinas e peças;
- Grau de interferência de cada unidade produtiva em outras unidades;
- Volume de produção;
- Prioridades do(s) proprietário(s);
- Custo da mudança.

Por exemplo, a escolha da unidade-piloto que exprime o maior faturamento pode ser justificada, pois com as mudanças geradas ela poderá render ainda mais. É importante a equipe multifuncional estar atenta que esta opção pode representar, em muitos casos, o sucesso do projeto como um todo.

## **PASSO 2. Fase de definição**

Com a análise e definição da unidade-piloto pode-se, então, partir para o desenvolvimento da técnica, Análise do Fluxo de Produção. A equipe técnica já deve possuir conhecimentos abrangentes sobre este método principalmente, porque os custos advindos de erros, nesta fase, podem ser bastante significativos. Para que este risco seja findado deve ser exigido sempre um consenso e comprometimento entre as pessoas envolvidas neste processo.

A fase de definição é composta de cinco passos, basicamente:

- PASSO 2.1. Análise da unidade produtiva-piloto**
- PASSO 2.2. Coleta de dados e de informações**
- PASSO 2.3. A aplicação da curva ABC**
- PASSO 2.4. Desenvolvimento de um sistema de codificação**
- PASSO 2.5. Desenvolvimento das etapas da AFP**
  - PASSO 2.5.1.: Análise de fluxo entre departamentos**
  - PASSO 2.5.2.: Análise de grupo**
  - PASSO 2.5.3.: Análise de linha**
- PASSO 2.6. Proposta do novo *layout* de fábrica**

Nos capítulos 2 e 3, do presente trabalho foram apresentados todos os sub-passos da fase de definição.

### **PASSO 3. Fase de Implantação**

A fase de implantação corresponde a implementação efetiva do novo *layout* de fábrica. É considerada uma das etapas mais crítica, pois serão certificadas a eficácia de todas as fases desenvolvidas anteriormente, como também, a disposição do(s) proprietário(s), da equipe e dos funcionários em realizar a mudança. O processo de implementação terá maior êxito se o(s) proprietário(s) e funcionários estiverem conscientizados e envolvidos.

Três sub-passos distintos estão contidos nesta fase:

- PASSO 3.1 Preparação para a mudança;**
- PASSO 3.2. Implantação física;**
- PASSO 3.3 Gerenciamento e controle.**

### **PASSO 3.1. Preparação para a mudança**

Duas atividades distintas básicas são importantes no processo de preparação para a mudança: reuniões da equipe do projeto com todos os funcionários da unidade produtiva escolhida e definição de um cronograma de implantação.

As reuniões são essenciais para analisar e definir o novo *layout* a ser implantado. É importante esclarecer, buscar adequar as novas rotinas de trabalho e capacitar os operários para este novo contexto, através de treinamentos para facilitar e agilizar o tempo de aprendizado. Além disso, um cronograma de tarefas a serem executadas deve ser definido e respeitado e o coordenador do projeto deverá certificar se os prazos e os resultados estão sendo alcançados.

O cronograma deve apresentar os seguintes dados:

- descrição das diversas atividades;
- prazos;
- responsabilidades; e
- recursos necessários para o alcance de um objetivo.

Se a fase de implantação for bem preparada, os riscos com problemas durante a mudança do *layout* e no re-início da rotina de trabalho tendem a ser reduzidos. Porém, esta etapa não deve ser muito expandida com planos que resultem na desmotivação dos participantes. Precaução e agilidade é o ponto de equilíbrio a ser almejado.

SILVEIRA (1994) cita que o recurso humano é o ponto que carece de mais atenção por parte dos responsáveis na preparação da mudança, isto porque não são instrumentos quantitativos, além de ser mais fácil mudar processos do que pessoas. O autor apresenta oito fatores críticos que devem ser definidos:

1. Preparação para a mudança: os operários necessitam de segurança de que ninguém vai perder o emprego, que as tarefas desempenhadas não ficarão mais tediosas ou cansativas e que as relações sociais não serão alteradas.
2. Estrutura Organizacional: os níveis hierárquicos podem ser reduzidos incentivando o trabalho em grupo e o desenvolvimento de uma estrutura interagida.
3. Supervisão: sua necessidade e atribuições podem ser redefinidas.
4. Tarefas: devem ser previstas as possíveis alterações que ocorrerão nas tarefas de cada operário: quem é seu coordenador, qual sua responsabilidade e função, quais informações necessita e qual sua interdependência com os demais áreas ou colegas.
5. Treinamento: deve ser desenvolvido conforme as necessidades dos funcionários, podendo ser em sala de aula ou no chão-de-fábrica, real ou simulado, individual ou coletivo, interno ou externo, com a presença de supervisores ou não.
6. Pagamento: pode ser negociado com base individual, em grupo ou combinada (individual mais em grupo).

As PME's não necessitam definir todos os fatores críticos, podem considerar os mais importantes e viáveis para o seu caso. Porém é preciso ficarem atentas que o fator humano é tão determinante no sucesso de um projeto, quanto os aspectos técnicos e econômicos.

### **PASSO 3.2. Implantação física**

Este item consiste no re-arranjo físico de máquinas, pessoas e ferramentas, para a implantação do novo *layout* definido. Assim, todas as precauções e projeções básicas já devem ter sido resolvidas.

Cabe uma missão à equipe do projeto: gerenciar as reestruturações, garantir o cumprimento dos prazos do cronograma e implementar fielmente o *layout* proposto.

A empresa não necessita, propriamente, paralisar suas atividades devido a reestruturação no chão-de-fábrica. Estas mudanças podem ocorrer nos períodos de menor demanda, em dias não úteis ou férias coletivas.

Depois da instalação do *layout* é necessário que o novo sistema produtivo seja ajustado. Ou seja, as atividades de planejamento, organização, direção e controle deverão ser estudadas e re-definidas. O próximo passo, gerenciamento e controle irá abordar este assunto.

### **PASSO 3.3 Gerenciamento e controle**

Nesta última etapa, o chão-de-fábrica retornará a produzir normalmente. Sendo necessário fazer alguns ajustes, além de melhorias constantes para que se obtenha melhores desempenhos produtivos.

As alterações nas rotinas de produção podem ser gerenciadas pela equipe do projeto e pelos supervisores, além de ser importante considerar as sugestões dos operários. Existem também algumas questões básicas a serem analisadas no novo sistema de planejamento e controle da produção (PCP): a lógica de planejamento a ser desenvolvida; a definição do tamanho do novo lote de produção, se são fixos ou variáveis e quais são os limites inferiores e superiores; o balanceamento entre os grupos de máquinas e por fim, a quantidade de estoque em

processos principalmente, em locais sujeitos a gargalos ou em casos que não existem confiabilidades no prazo de entrega de matérias-primas.

É interessante que a empresa faça um levantamento de dados para observar o desempenho produtivo **antes** e **depois** da implantação da AFP, no que se refere ao controle da produção.

Desta forma, uma comparação do antes e depois, da implantação da AFP, na unidade produtiva-piloto pode ser analisada utilizando o quadro a seguir.

Nome da Unidade Produtiva	Antes	Depois
1. Redução da área ocupada		
2. Redução de estoques em processos		
3. Redução do <i>lead time</i>		
4. Redução do tamanho dos lotes		
5. Redução de mão-de-obra direta e indireta		
6. Redução de refugos e retrabalhos		
7. Redução nos tempos e custos de movimentação		
8. Melhorias de qualidade		
9. Aumento de produtividade (peça/hora; peças/homem, margens de lucro)		
10. Flexibilidade de produzir/alterar peças/produtos		
11. Flexibilidade de entrega dos produtos		
12. Envolvimento dos operários		

Fonte: Adaptação de SILVEIRA (1994)

É importante desenvolver uma comparação entre os parâmetros citados no quadro anterior com os objetivos propostos no começo da fase de definição do projeto. Isto para que possa ser desenvolvida uma avaliação dos resultados da reestruturação em si e uma análise para certificar em quais aspectos ainda podem ocorrer melhorias.

**TELEFONES PARA CONTATO**

**Telefax: (032) 371 - 5443**  
**Tel.: (031) 283 - 2178 ou (031) 499 - 4881**