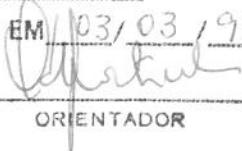


ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA POR CARLOS JOSÉ
GUIMARÃES DE OLIVEIRA E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 03/03/95.


ORIENTADOR

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

**Estudo da variação da arquitetura dos sistemas de
manufatura em função da flexibilidade operacional**

Carlos José Guimarães de Oliveira
Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho

Dissertação de mestrado: Exemplar correspondente
à redação final da tese defendida por Carlos José G.
de Oliveira e aprovado pela comissão julgadora no
dia 3 de março de 1995.

Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho

Campinas - SP
Março de 1995



FICHA CATALOGráfICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA CENTRAL - UNICAMP

Oliveira, Carlos José Guimarães de
OL4e Estudo da variação da arquitetura dos sistemas de manufatura
em função da flexibilidade operacional / Carlos José Guimarães
de Oliveira. -- Campinas, SP : [s.n.], 1995.

Orientador: Oswaldo Luiz Agostinho.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Mecânica.

1. Produtividade. 2. Sistemas flexíveis de fabricação. 1.
Agostinho, Oswaldo Luiz. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Mecânica. III. Título.

UNIDADE	78C
UF	UNICAMP
OL4e	
	249-20
	433/95
	1x
Preço	R\$ 11,00
	29/06/95

Dedicatória

A Rosa ...

A rosa, bela infanta das sete saias
e cuja estirpe não lhe rouba, entanto,
o ar de menina, o recatado encanto
da mais humilde de suas aias,
a rosa, essa presença feminina,
que é toda feita de perfume e alma,
que tanto excita como tanto acalma,
a rosa ... é como estar junto da gente
um corpo cuja posse se demora
- brutal que o tenhas nesta mesma hora,
em sua virgindade inexperiente ...
A rosa, ó fiel promessa de ventura
em flor ... rosa paciente, ardente, pura!
A rosa, a Rosana, sempre sempre minha esposa ...

Agradecimentos

* Ao Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho pela compreensão e paciência que teve ao me orientar, em diversos momentos, dando sempre uma luz a minha jornada rumo ao conhecimento.

* A todos os funcionários da Equipamentos Clark Ltda., em especial atenção ao Gerente de Manufatura de Tratores Valter Bergamo e ao Eng. José Augusto do departamento técnico, onde fui recepcionado com carinho e assistido em todas as minhas necessidades na coletas de dados.

* A todos os funcionários da Singer do Brasil Ind. e Com. Ltda., em especial atenção ao Gerente de Engenharia de Produto Edson de Pinho Trigo, pelo qual fui tratado com muito respeito, e me abriu todas as portas da empresa para a coleta de dados necessária.

* Aos funcionários do Departamento de Processos e Fabricação pela colaboração prestada durante os levantamentos bibliográficos.

* Ao meu pai, que desde menino me deu condições e sabe me orientar sobre o certo e o errado, servindo através de sua própria figura, num modelo de referência para que eu alcançasse o caráter e profissionalismo que hoje tenho.

* Aos meus queridos avôs, que souberam me criar com muito amor e carinho.

* Ao meu sogro e sogra, que souberam me receber como a um filho, dando apoio e carinho nos momentos mais difíceis de minha adaptação em Campinas.

A todos, meus sinseros agradecimentos e a certeza de que jamais esquecerei a porta que vocês me abriram!!!

Índice

Folha rosto	I
Dedicatória	II
Agradecimentos	III
Índice	IV
Relação de figuras	VII
Relação de tabelas	VIII
Relação de símbolos	IX
Resumo	X
Abstract	XI

CAPÍTULO 1 (INTRODUÇÃO)

1.1 - Introdução	1
1.2 - Objetivo do trabalho	3
1.3 - Conteúdo do trabalho	3

CAPÍTULO 2 (LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE)

2.1 - Alterações no mercado	5
2.2 - Conseqüências das alterações de mercado nas empresas	8
2.3 - Alterações nas empresas	11
2.3.1 - Origens da produção	11
2.3.2 - Produção artesanal	12
2.3.3 - Produção em massa	13
2.3.4 - Produção esbelta	17
2.4 - Características dos sistemas de produção	19
2.5 - Relação "lay-out's" e sistemas de produção	21
2.5.1 - "Lay-out" posicional ou fixo	21
2.5.2 - "Lay-out" por produto ou linear	22
2.5.3 - "Lay-out" por processo ou funcional	23
2.5.4 - "Lay-out" em grupo ou celular	24
2.6 - Conclusão	26

CAPÍTULO 3 (PROPOSTA DE MODELO DE ANÁLISE DE SISTEMA)

3.1 - Introdução	28
3.2 - Índices	32
3.2.1 - Índice de flexibilidade operacional	32
3.2.2 - Índice de produtividade	37
3.3 - Fator qualidade	41
3.4- Influências dos gargalos de produção na flexibilidade operacional	43
3.5 - Proposta do modelo de análise	46

CAPÍTULO 4 (APLICAÇÃO DO MODELO)

4.1 - Introdução	48
4.2 - Sistema com característica de produção em massa	49
4.2.1 - Estator do motor	50
4.2.1.1 - Definição da peça (função)	50
4.2.1.2 - Croqui da peça	50
4.2.1.3 - Código de peças	50
4.2.1.4 - Tempos padrões	51
4.2.1.5 - Descrição da linha	52
4.2.1.6 - "Lay-out" da linha.....	53
4.2.1.7 - Dados coletados	53
4.2.1.8 - Dados calculados	53
4.2.2 - Rotor do motor	53
4.2.2.1 - Definição da peça (função)	53
4.2.2.2 - Croqui da peça	53
4.2.2.3 - Código de peças	54
4.2.2.4 - Tempos padrões	54
4.2.2.5 - Descrição da linha	55
4.2.2.6 - "Lay-out" da linha	56
4.2.2.7 - Dados coletados	56
4.2.2.8 - Dados calculados	56
4.2.3 - Eixo de máquina	56
4.2.3.1 - Definição da peça	56
4.2.3.2 - Croqui da peça	56
4.2.3.3 - Código de peças	56
4.2.3.4 - Tempos padrões	57
4.2.3.5 - Descrição da linha	57

4.2.3.6 - "Lay-out" da linha	58
4.2.3.7 - Dados coletados	58
4.2.3.8 - Dados calculados	58
4.3 - Sistema com característica de produção esbelta	59
4.3.1 - Carcaças de transmissões	59
4.3.1.1 - Definição da peça (função)	59
4.3.1.2 - Croqui da peça	59
4.3.1.3 - Código de peças	59
4.3.1.4 - Tempos padrões	60
4.3.1.5 - Descrição da linha	60
4.3.1.6 - "Lay-out" da linha	62
4.3.1.7 - Dados coletados	62
4.3.1.8 - Dados calculados	62
4.3.2 - Eixo principal/ lateral, engrenagem de carretel	62
4.3.2.1 - Definição da peça (função)	62
4.3.2.2 - Croqui das peças	62
4.3.2.3 - Códigos de peças	63
4.3.2.4 - Tempos padrões	63
4.3.2.5 - Descrição da linha	64
4.3.2.6 - "Lay-out" da linha	66
4.3.2.7 - Dados coletados	66
4.3.2.8 - Dados calculados	66
4.4 - Resultados	66
4.4.1 - Caso 1	67
4.4.2 - Caso 2	70
CAPÍTULO 5 (CONCLUSÕES)	
5.1 - Conclusão	7
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	7
ANEXOS	8

Relação de figuras

Figura 2.1 - Tipos de pressões exercidas sobre as empresas	5
Figura 2.2 - Metas do consumidor atual	7
Figura 2.3 - Relação entre tamanho do lote e variação de produtos fabricados	8
Figura 2.4 - Exemplo de aumento no número de sub-montagens em aparelhos de T.V's a partir da diversificação de produtos oferecidos	9
Figura 2.5 - Flexibilidade à mudanças em função da vida do produto	10
Figura 2.6 - Cronologia de alterações do ambiente fabril	12
Figura 2.7 - Progressão da variedade de produtos e volumes de produção na indústria automobilística	20
Figura 2.8 - "Lay-out" posicional ou fixo	21
Figura 2.9 - Tipos de "lay-out's"	25
Figura 2.10 - Desenvolvimento tecnológico na manufatura	26
Figura 2.11 - Troca das metas estratégicas de negócios	27
Figura 3.1 - Relação custo unitário do produto X volume e variedade do produto ...	30
Figura 3.2 - Custo comparativo entre automação rígida e flexível	31
Figura 3.3- Relação entre flexibilidade operacional e produção por unidade de tempo.....	32
Figura 3.4 - Representação gráfica da equação (5)	36
Figura 3.5 - Curva dos custos da qualidade	42
Figura 3.6 - Composição dos tempos totais de usinagem	45

Relação de tabelas

Tabela 1.1 - Critérios de desempenho X respectiva década	2
Tabela 2.1 - Divisão de responsabilidades	14
Tabela 2.2 - Características do sistema de produção	19
Tabela 4.1 - Características dos Estatores	50
Tabela 4.2 - Tempos padrões por operação por códigos de Estatores	51
Tabela 4.3 - Características dos Rotores	54
Tabela 4.4 - Tempos padrões por operação por códigos de Rotores	54
Tabela 4.5 - Características de Eixos de máquinas	56
Tabela 4.6 - Tempos padrões por operação por códigos de Eixo de máquina	57
Tabela 4.7 - Características de Carcaças de transmissões	59
Tabela 4.8 - Tempos padrões por operação por código de Carcaça	60
Tabela 4.9 - Características de Eixos de tratores	63
Tabela 4.10 - Tempos padrões por operação por código de Eixo	63
Tabela 4.11 - Média dos cálculos da linha do Estator	67
Tabela 4.12 - Média dos cálculos da linha do Rotor	67
Tabela 4.13 - Média dos cálculos da célula Grob (Carcaças de transmissão)	68
Tabela 4.14 - Média dos cálculos da linha de Eixos de máquina	70
Tabela 4.15 - Média dos cálculos da célula "B" (Eixos de trator)	71

Relação de Símbolos

Variável em análise	Sigla
- Variedade de produtos fabricados	n
- Tamanho dos lotes processados	m
- Produtividade do sistema	p
- Tempo disponível para realização de trabalho	t_d
- Tempo improdutivo	t_i
- Tempo trabalhado	t_t
- Tempo de processamento básico	t_p
- Tempo de preparação (Set-up)	t_s
- Tempo de carga e descarga de peças	t_c
- Tempo de transporte de peças	t_{tr}
- Tempo de estocagem das peças	t_e
- Tempo de manufatura total	t_m
- Tempo de atendimento ao cliente (Lead time)	t_l
- Tempo de fila das peças	t_f
- Frequência de troca de uma dada peça	Z
- Saturação de curto prazo	S_c
- Flexibilidade de suporte	f_s
- Flexibilidade tecnológica	f_t
- Flexibilidade operacional	f_o
- Método de operação	MO
- Método de produção	Mp
- Tipo de arranjo físico	AF
- Tipo de máquina	Maq
- Porte da estrutura fabril	EF
- Alterações nos produtos	AP
- Ciclo de vida do produto	V
- Complexidade de produção	C
- Grau de flexibilidade	GF
- Administração (forma de gerenciamento)	A
- Organização	O
- Classificação da atividade econômica	E
- Funcionalidade da mão-de-obra	FMO
- Nível de qualidade	Q
- Nível de refugo	R
- Clientes	Cl

Resumo

Muitos dos problemas associados a atual competitividade internacional das empresas, são de origem recente. Esses problemas de caráter estrutural surgem quando as condições limites externas impostas pelo mercado a essas empresas, mudam mais depressa do que a capacidade destas de enfrentá-las, através de mudanças em suas arquiteturas internas. No entanto, algumas empresas têm demonstrado uma capacidade de adaptação, sobressaindo-se no cenário empresarial mundial.

Este trabalho visa estudar as mudanças de arquiteturas internas das empresas típicas dos anos 60(sessenta), influenciada por um ambiente externo de consumo de massa, e compará-las com as empresas padrão dos anos 90 (noventa), influenciada por outros estímulos externos e por novas tecnologias (computador, automação, etc).

Para possibilitar tal estudo de comparação, fez-se necessário a criação de um modelo de análise, através de indicadores de produtividade e flexibilidade operacional conjuntamente na análise de gargalos num ambiente de produção.

O modelo proposto foi testado em grupos de máquinas de duas empresas da região de Campinas, com perfis e sistemas de produção tipicamente diferentes.

Os resultados mostraram que o modelo proposto é perfeitamente aplicável. Estes correponderam às realidades encontradas nos sistemas abordados, apesar do universo de amostragem ter sido pequeno e dos problemas técnicos encontrados durante o levantamento dos dados.

Abstract

Most problems associated with company's international competitiveness at present time are of recent origin. These structural character problems arise when external limit conditions imposed by market, changes faster than the companies capacity to its internal architecture. Nevertheless, some companies have demonstrated a very large adaptation modify capacity which excel in world-wide scene.

The aim of this work is to study the changes of companies' internal architectures typical of the sixties, influenced by external environmental of large scale market and to compare with standard companies of the nineties, influence by other external stimulus and new technologies (computer, automation, etc).

An analitical model based on productivity and operational flexibility indexes linked to the theory of the "bottleneck" was created to make possible the comparison study.

The proposed model was tested in groups of machines from two companies in Campinas's region, with typically different profiles and production systems. The result showed that the proposed model is perfectly applicable which corresponded to the reality found in the systems studied, despite the small sampling universe and technical problems.

CAPÍTULO 1

(INTRODUÇÃO)

1.1 - Introdução

O mundo de hoje é uma sociedade composta de organizações. Todas as atividades voltadas para a produção de bens (produtos) ou para a prestação de serviços (atividades especializadas) são planejadas, coordenadas e dirigidas dentro de organizações. Todas as organizações são constituídas de recursos humanos e não humanos (como recursos físicos e materiais, financeiros, tecnológicos, mercadológicos, etc). As pessoas nascem, crescem, aprendem, vivem, divertem-se, trabalham e morrem dentro de organizações. As organizações são extremamente heterogêneas e diversificadas; com tamanhos, características, estruturas e objetivos diferentes. Existem dois tipos de organizações. As chamadas não lucrativas (como o exército, a igreja, entidades filantrópicas, etc) e as lucrativas (como as empresas) [1].

O critério de desempenho, que essas organizações lucrativas denominadas empresas têm tido que satisfazer, tem sido consideravelmente alterado ao longo do século XX, principalmente a partir de meados do século até os dias atuais. Isto se deve basicamente à troca de demanda (novas gerações, novos mercados) e à troca de ambiente (novos competidores, novas tecnologias).

Nos anos 50 (cinquenta), o preço dos produtos era o mais importante critério de desempenho das empresas; isto ocorreu devido a uma situação econômica de escassez mundial, a qual se sucedeu após a segunda guerra mundial e durou até os últimos anos da década de 50 (cinquenta). Durante este período o **preço** era o mais importante aspecto para o consumidor típico da época [2].

Nos anos 60 (sessenta), seguiu-se um período de prosperidade emergente, onde surgiu um novo critério de desempenho, o da qualidade, tão importante quanto o custo, pois os consumidores desse período, principalmente dos países altamente industrializados, tornaram-se mais conscientes em fatores, tais como:

- * Durabilidade (vida do produto)
- * Desempenho (funcionalidade)
- * Serviços (assistência técnica)

Assim sendo, o custo deixa de ser o único critério de desempenho das empresas, passando a dividir este "status" com o critério **Qualidade**. Em outras palavras, uma empresa nos anos 60 (sessenta) tinha que satisfazer os consumidores não só com bons preços (custo), mas também nos diversos fatores de qualidade citados anteriormente, para o sucesso no mercado.

No fim dos anos 70 (setenta), um terceiro elemento emergiu da competição industrial: **Flexibilidade**. Graças ao progresso da tecnologia, possibilitou-se uma série de descobertas tecnológicas (laser, fibras óticas, computadores, CN, CNC, etc) e a contínua troca dos mesmos. Isto implicou que o consumidor padrão dos dias atuais tornou-se individualizado, ou seja, "a moda" é ter um produto personalizado e atualizado. Ter um produto assim é sinônimo de "status" e o consumidor paga por isso. A tabela 1.1 resume os principais critérios de desempenho nas respectivas décadas.

Tabela 1.1 - Critérios de desempenho x respectiva década [2]

	Décadas		
	60	70	80
Critério de desempenho	custo	custo qualidade	custo qualidade diversificação de produtos

Desta forma, pode-se observar como os critérios de desempenho das empresas têm sido modificados e ampliados nas últimas décadas do século XX. Isto se deve em grande parte à mudança de hábitos e culturas da sociedade e do mercado consumidor que implicaram, a nível macro, numa radical mudança do ambiente externo da empresa dos anos 60 (sessenta) para os anos 90 (noventa).

Estas mudanças a nível macro, implicaram também numa mudança drástica da arquitetura interna das fábricas, obrigando as empresas que desejassem alcançar os

critérios de desempenho dos dias atuais e assim atender o consumidor, a uma série de mudanças; a nível de equipamento (automação, robos, FMS), organizacional (kaizen, ISO 9000), gerencial (kanban) e de políticas (qualidade, produtividade, segurança, etc) [3].

1.2 - Objetivo do trabalho

O objetivo deste trabalho é propôr um modelo de análise para comparação de arquiteturas de manufaturas, baseado no índice de flexibilidade operacional e na análise de gargalos num ambiente de produção, que permita comparar dois sistemas diferentes de produção visando determinar qual sistema estará mais adaptado a satisfazer às condições de mercado, ou seja, será capaz de suportar uma concorrência mais acirrada no mercado atual.

1.3 - Conteúdo do trabalho

O trabalho desenvolvido seguiu basicamente as seguintes etapas:

Capítulo 2: Levantamento do estado da arte

Análise das mudanças ocorridas a nível de mercado dos anos 50 (cinquenta) até os dias atuais.

Análise das consequências das alterações de mercado nas empresas, do ponto de vista de:

- Tamanho de lotes
- Vida dos produtos
- Redução de complexidade

Análise das mudanças ocorridas na arquitetura interna das fábricas a nível tecnológico e organizacional, ou seja, início da produção artesanal, surgimento e transição do sistema de produção em massa (SPM) para o sistema de produção esbelta (SPE).

Capítulo 3: Proposta de um modelo de análise de sistemas

Neste capítulo foi conceituado e elaborado um modelo de análise da estrutura de manufatura, baseado em índices de flexibilidade operacional, produtividade, saturação de curto prazo para equipamentos e na análise de gargalos.

Capítulo 4: Aplicação do modelo

O modelo proposto foi estudado sob condições práticas operacionais, em duas fábricas da região de Campinas (SP). Uma cujo os grupos de máquinas apresentam características que tendem a produção em massa e a outra, cujo os grupos de máquinas apresentam características que tendem para a produção esbelta. A partir dos dados coletados, foram feitas análises sobre a viabilidade ou não do modelo proposto.

Capítulo 5: Conclusões

Conclusões sobre o trabalho desenvolvido.

CAPÍTULO 2 (LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE)

2.1 - Alterações do mercado

Alguns autores [4][28][29][33][34][44] têm estudado e destacado os diversos tipos de pressões exercidas sobre as empresas contemporâneas. Resumindo, estes estudos, conclui-se que há basicamente cinco tipos de influências ou pressões sobre as empresas, que podem ser observadas na figura 2.1.

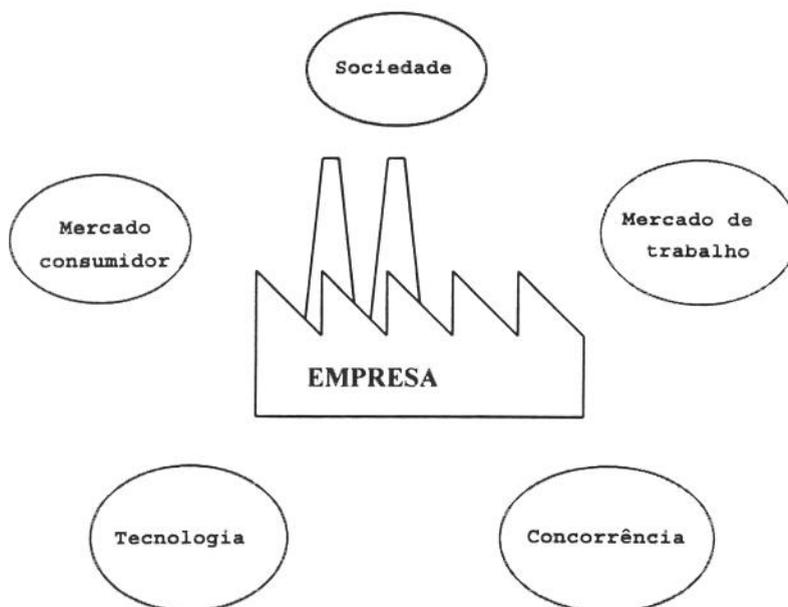


Figura 2.1 - Tipos de pressões exercida sobre as empresas [28][29]

Estas pressões classificam-se em:

Pressão da tecnologia: O rápido avanço da ciência, principalmente após a segunda guerra mundial, fez com que se descobrisse uma gama enorme de materiais especiais, tais como plásticos, ligas leves e super ligas, materiais compostos, fibra ótica, semicondutores e supercondutores, através do desenvolvimento da ciência dos materiais. Tal avanço na área de materiais, possibilitou um grande avanço na área de componentes micro-eletrônicos, tais como os transistores, capacitores, diodos, micro-chip's e circuitos integrados.

O desenvolvimento da micro eletrônica, possibilitou o surgimento de equipamentos de elevada tecnologia, com grande aplicação no chão de fábrica, melhorando em muito os processos produtivos: aplicações de laser em soldas, sensores óticos, computadores, máquinas CNC, AGV's e Robôs. Este desenvolvimento tecnológico, ainda possibilitou o surgimento de redes de informação capazes de processar, armazenar e transmitir enormes quantidades de informações, como por exemplo, redes de computadores com mainframe e microcomputadores.

Este avanço tecnológico, exerce enorme pressão sobre os sistemas de produção e informação de uma empresa, representando, quando bem aplicado, um fator diferencial de competitividade entre as empresas.

Pressão da concorrência: Com a abertura do mercado nacional às importações e com a ascensão dos "tigres asiáticos" no mercado mundial, a concorrência tanto no mercado interno quanto no externo, está cada vez mais acirrada, caracterizando-se por concorrentes com baixo preço, alta qualidade, prazo de entrega curto, garantia/assistência técnica e produtos diferenciados/renovados.

Pressão do mercado de trabalho: A oferta de salários e benefícios dos concorrentes, as novas leis de segurança do trabalho e a ação forte dos sindicatos, fazem com que esta pressão exista e seja bem efetiva, através de:

- Aumentos salariais e de benefícios
- Redução da jornada de trabalho
- Busca de aumento da segurança no trabalho
- Greves como movimento reivindicatório

Pressão da sociedade: A cada ano, esta pressão se torna mais efetiva, pois com a provável escassez de recursos naturais do planeta e com a onda de

ecologia, governo e sociedade se unem através de órgãos ou associações, para exercer pressão sobre as empresas para alterarem processos produtivos nocivos ao meio ambiente e para introduzirem processos de reciclagem.

Pressão do mercado consumidor: Conforme descrito na introdução deste trabalho, o mercado consumidor mundial, apresentou alterações nas suas tendências a partir da década de 50 (cinquenta), introduzindo a cada dez anos aproximadamente, um novo critério de desempenho aos produtos consumidos. Desta forma, alcançando no início dos anos 80 (oitenta) o tripé **custo, qualidade e flexibilidade**.

Todas estas alterações no mercado, deveram-se às mudanças no modo de pensar e de agir do consumidor, quando este passou a exigir baixos preços, com qualidade (incluindo atendimento) e produtos diferenciados por acessórios e modelos opcionais, de preferência personalizado[29]: A figura 2.2, representa o consumidor atual.



Figura 2.2- Metas do consumidor atual [29]

2.2 - Consequências das alterações de mercado nas empresas

As principais consequências das alterações de mercados nas empresas, foram:

* **Redução dos tamanhos de lotes:** A variação da quantidade dos produtos fabricados tende a aumentar a complexidade de operação dos sistemas de manufatura, na medida em que gera situações de variação de carga nas máquinas-ferramentas empregadas. Esta flutuação de carga provocará sobrecarga e ociosidade, tendo-se como consequência, maior dificuldade de planejamento. Portanto, com o aumento do número de produtos oferecidos, visando atender a demanda, fez-se necessário uma redução do tamanho do lote, como pode ser observado na figura 2.3 .

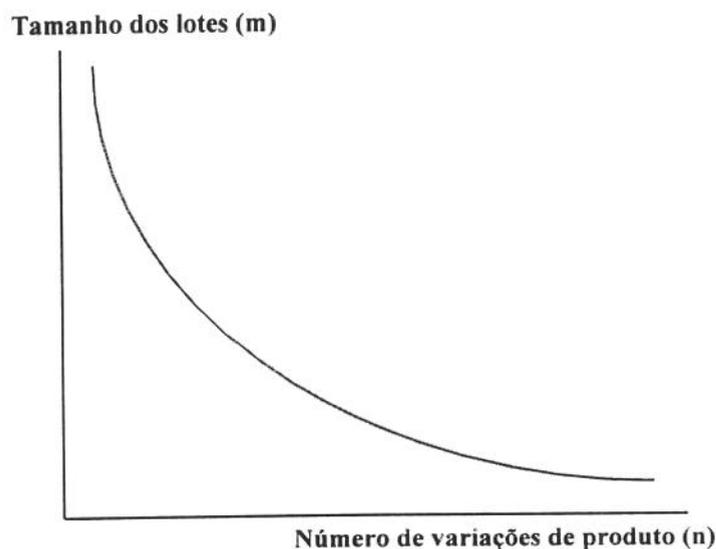


Figura 2.3 - Relação entre tamanho dos lotes e variações de produtos fabricados [28]

* **Aumento da diversificação de produtos:** teve como consequência, um maior número de roteiros de fabricação, com a necessidade de envolvimento de um maior número de máquinas-ferramentas e controles, o que também resultou num crescimento do número de sub-montagens [2], como pode ser observado na figura 2.4:

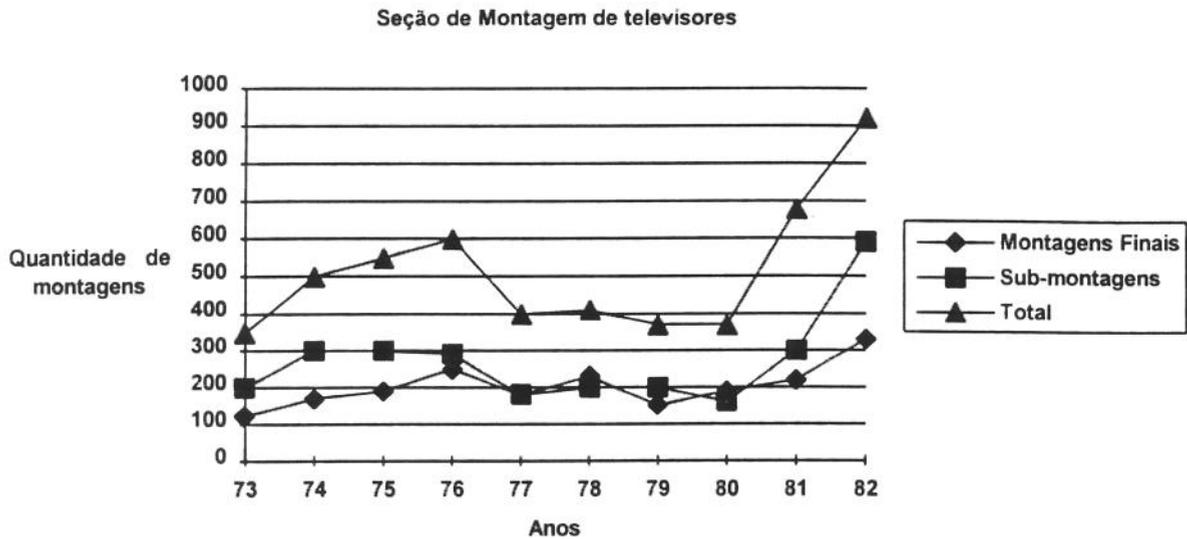


Figura 2.4 - Exemplo de aumento no número de sub-montagens em aparelhos de TV a partir da diversificação de produtos oferecidos (aumento de complexidade) [2]

*** Redução de complexidade dos Produtos:** Para suprir as necessidades de flexibilidade e evitar os problemas mencionados no item anterior, são necessários produtos com o menor número possível de operações no seu roteiro de fabricação, ou seja, produtos o mais simples possível, visando evitar confusões de fluxo no chão de fábrica.

***Redução da vida comercial dos produtos:** Com o aumento da flexibilidade da demanda do mercado, os produtos passaram a ter vida mais curta, como pode ser observado na figura 2.5. No entanto, a introdução de novos produtos no sistema de manufatura aumentará sua complexidade, visto que interfere nos três itens anteriormente descritos.

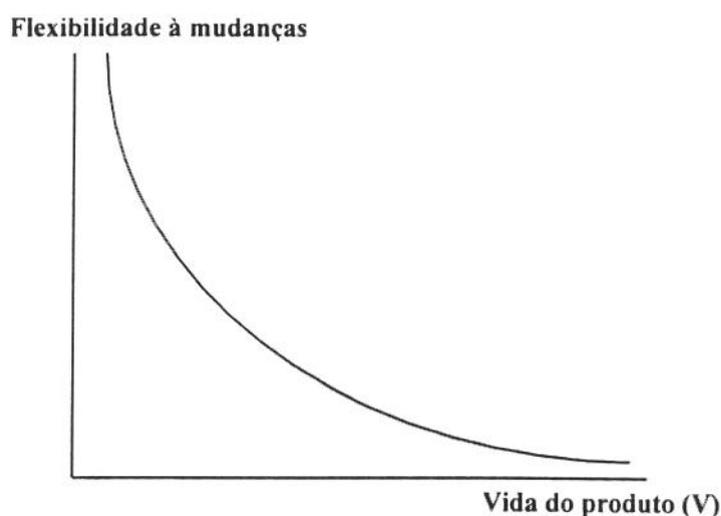


Figura 2.5 - Flexibilidade à mudanças em função da vida do produto [4]

Como consequência destas mudanças na relação mercado-empresas, houve um aumento da variedade do mix de produtos oferecidos ao mercado e um aumento da competição entre as empresas para atender as necessidades do cliente.

Resumindo, tem-se que as tendências atuais do mercado são:

- * **n** (Variedade de produtos) ↑↑↑ -----> MERCADO
- * **m** (Tamanho do lote) ↓↓↓ -----> MERCADO
- * **V** (vida do produto) ↓↓↓ -----> NOVOS PRODUTOS
- * **C** (complexidade) ↓↓↓ -----> PRODUTOS MAIS SIMPLES
MANUFATURAS MAIS EFICIENTES

Pode-se concluir, que uma empresa pouco pode influenciar no dois primeiros fatores (n e m), pois são exigências de mercado e que devem ser atendidas se uma empresa almeja sobreviver no atual ambiente de mercado competitivo. No entanto, os outros dois fatores (V e C), são bastante influenciados pela empresa.

2.3 - Alterações nas empresas

2.3.1 - Origens da produção

As atividades humanas, no período pré-industrial, consistiam originariamente em retirar do meio natural os elementos necessários à subsistência sem procurar organizar um sistema produtivo (extrativismo). A agricultura apareceu quando o homem, em lugar da caça, da pesca e da coleta, experimentou obter uma colheita.

Com o passar do tempo, foi necessário lavrar a terra para dela obter alimentos em quantidades crescentes, de forma a atender as necessidades renovadas dos homens. Finalmente, com o intuito de multiplicar o efeito de seus esforços ou reduzir a fadiga, surgem as ferramentas e utensílios simples e mais tarde, como fator de coordenação e de maximização dos resultados, a organização, ou seja, o início da atividade industrial. Este período caracterizado pela agricultura e início da atividade industrial ficou conhecido como a "era da agricultura", onde o poder estava localizado em quem possuía as terras [47].

A indústria é portanto a ação do trabalho manifestado sobre múltiplas formas, no sentido de combinar, modificar ou transformar, com o mínimo esforço e a máxima eficiência. O aumento da capacidade produtora durante o século XIX é resultado do progresso tecnológico [6], caracterizado por:

- A) Aceleração e intensificação de movimentos repetitivos pela aplicação da força mecânica (mecanização).
- B) Transferência de movimentos complexos para a máquina (automatização).
- C) Criação de novos produtos para a satisfação das necessidades humanas sempre crescentes.

De forma resumida, pode-se expressar graficamente a cronologia de alteração do ambiente interno das fábricas, mostrada na figura 2.6.

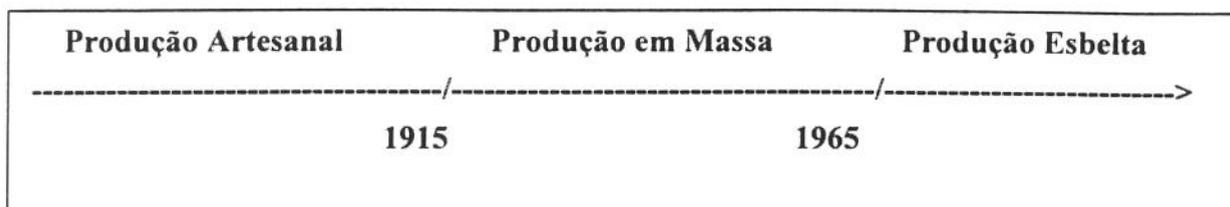


Figura 2.6 - Cronologia de alteração do ambiente fabril [29]

2.3.2 - Produção artesanal

O artesanato era um processo produtivo antigo, anterior a revolução industrial, em que o produtor exercia por conta própria um ofício manual utilizando ferramentas rudimentares de sua propriedade, assistido por um número muito pequeno de companheiros e aprendizes. A indústria do artesanato originou-se da indústria doméstica artesanal; floresceu durante muitos anos nos países que hoje se apresentam como "desenvolvidos", existindo ainda, em muitas regiões do mundo em suas expressões primitivas. A evolução da indústria do artesanato caracterizou-se pelo aparecimento da especialização do sistema doméstico, quando a família começou a produzir mais do que podia consumir e descobriu que esse excesso poderia ser trocado pelos excedentes de outros bens ou produtos de outras famílias [6].

O artesão dominava toda a tecnologia do produto e do processo de fabricação. Ficava sob sua responsabilidade a aquisição da matéria-prima, a coordenação da produção e a venda do produto final. Os sistemas de manufatura artesanal estavam localizados em pequenas oficinas [29]. O "status" de artesão não era ainda o de assalariado, pois ele trabalhava em proveito próprio. No entanto, nas associações, seu trabalho era dirigido por um líder, que por sua vez também era um artesão reconhecido por todos como sendo de maior e melhor categoria [6].

Este sistema de produção, atingiu escala industrial em 1887, nas oficinas de montagem de automóveis da França [7] e de móveis da Inglaterra [12].

2.3.3 - Produção em massa

A primeira revolução industrial correspondeu à aparição de novos processos técnicos que modificaram profundamente os meios de produção.

O Reino Unido foi o primeiro país a sofrer tais transformações, iniciadas em 1760. Posteriormente estas, passaram para os outros países da Europa Ocidental, como por exemplo a França (1815) [6].

De fato uma longa série de invenções e descobertas surgiram, como por exemplo:

- Metalurgia do coque
- Máquinas do setor têxtil
- Máquinas à vapor
- Primeiras máquinas-ferramentas
- Motor elétrico
- Motor à explosão

Aumentou-se em muito a produtividade do trabalho; assim sendo a revolução industrial possibilitou a derrocada das estruturas vigentes da época (produção artesanal) e o surgimento da primeira fase da produção em massa [6]. Neste período, quem possuía o poder eram os proprietários das indústrias emergentes [47].

Logo os mercadores, detentores de capital e grande espírito empreendedor, notaram o grande potencial dessas novas máquinas. Entretanto, eles não possuíam qualquer conhecimento técnico para operá-las. Então, surgiu a associação entre mercadores e artesões. Os equipamentos foram comprados pelos mercadores (capital) e operados pelos artesões (trabalho) [29].

Os constantes melhoramentos tecnológicos aumentaram a capacidade produtiva das máquinas operatrizes, em várias vezes, à medida que elas foram tornando-se mais especializadas. Para um melhor controle sobre os equipamentos, os mercadores passaram a agrupar as máquinas num mesmo prédio. Os artesões foram contratados para supervisionarem os operadores das máquinas.

A maior necessidade de mão de obra e os melhores salários atraíram trabalhadores do campo, aumentando o mercado consumidor. Dessa forma, estavam criadas as condições para o surgimento da produção em massa em algumas indústrias, principalmente a indústria têxtil. Porém, ainda não era possível a intercambialidade das peças, o que impedia a produção em larga escala nas indústrias [29].

No despoitar do século XX, um engenheiro americano desenvolveu os primeiros trabalhos pioneiros sobre administração, baseados nos princípios de divisão do trabalho de Adam Smith. Seu nome era Frederick Winslow Taylor (1856 - 1915). Nos seus primeiros estudos tomou contato direto com os problemas sociais e empresariais decorrentes da revolução industrial. Em 1911, Taylor publicou seu livro intitulado "*Princípios de administração Científica*" [8], onde conclui que a organização e a administração devem ser estudadas e tratadas cientificamente, e não empiricamente. Para Taylor, o operário não tem capacidade, nem formação, nem meios para analisar cientificamente o seu trabalho e estabelecer racionalmente qual método ou processo é mais eficiente. Com a administração científica, ocorre uma repartição de responsabilidades, como pode ser observado na tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Divisão de responsabilidades [8]

CARGO	FUNÇÃO
Gerência	Planejamento e estudo minucioso do trabalho do operário
Supervisão	Assistência continua ao trabalhador durante a produção
Trabalhador	Execução do trabalho, pura e simplesmente

A partir deste ponto, Taylor iniciou os seguintes estudos:

- 1- Análise do trabalho e estudo dos tempos e movimentos
- 2- Estudo da fadiga humana
- 3- Divisão do trabalho e especialização do operário
- 4- Descrição de cargos e tarefas
- 5- Incentivos salariais e prêmios de produção

- 6- Conceito de "Homo Economicus"
- 7- Padronização
- 8- Supervisão funcional (relativa a sua especialidade)

O resultado de seus estudos, pode ser resumido em princípios que foram aplicados por empresas de todo o mundo [29]. Estes princípios são:

- * Busca do método ótimo de trabalho ("*best way*") para servir de padrão.
- * Seleção e treinamento dos operários no método ótimo de trabalho estipulado (padrão).
- * Planejamento e controle das tarefas dos operários através de comparação com os padrões.
- * Recompensar ou punir o trabalhador, pelos resultados obtidos em comparação com o padrão.

A partir destes estudos, Taylor deu origem à chamada "Escola de Administração Científica" que recebeu este nome simplesmente pelo fato de aplicar métodos científicos aos problemas de administração, a fim de alcançar **elevada eficiência industrial (redução de custos industriais)** [9]. A união desta escola de pensamento com os métodos e ferramentas de análise estatística e sistemas de custeio, acrescido da experiência de chão de fábrica, levou a grandes ganhos de produtividade nos sistemas de manufatura americano, onde de 1900 à 1950, a produtividade americana quadruplicou [30].

Taylor teve inúmeros seguidores (como Gantt, Gilberth, Emerson, Barth, Ford e outros) e provocou verdadeira revolução no pensamento administrativo e no mundo industrial da sua época, dando início à segunda fase da produção em massa, denominada, segunda revolução indústrial, onde quem possuía o poder eram os donos do capital [47].

O sistema de produção artesanal, modelo vigente nesta época, apresentava uma série de falhas:

- Incapacidade de garantir a qualidade pela falta de testes práticos.
- Incapacidade de desenvolver novas tecnologias.
- Incapacidade produtiva para aumentos de demandas.
- Custo unitário muito alto.

As novas técnicas de Ford reduziram drasticamente os **custos**, considerado o principal critério de desempenho de sua época e simultaneamente aumentaram a qualidade do produto. Este sistema inovador foi denominado de "produção em massa" [7]. A chave da produção em massa consistia na completa e consistente intercambialidade das peças e na facilidade de ajustá-las entre si. Para conseguir esta intercambialidade de peças foi necessário que se adotasse uma padronização de medidas por todo o processo.

A segunda guerra mundial, o aumento de bens de consumo, o surgimento de máquinas-ferramentas e das linhas de transferência de grandes volumes de produção, possibilitaram o surgimento do período do desenvolvimento da automação rígida (1950), que era considerado como único meio de elevada redução de custo, o que possibilitou o surgimento da terceira fase da produção em massa [29], propiciando o desenvolvimento do parque industrial americano. Na segunda guerra mundial, o sistema de manufatura americano foi testado à respeito de sua capacidade de produção, não só na questão de volume de produção, mas também na questão da introdução de novos produtos e novas tecnologias [31].

Durante décadas, tal sistema mostrou-se bastante efetivo. As companhias Norte-Americanas dominaram a indústria mundial, e o mercado Norte-Americano representou a maior percentagem das vendas de produtos industrializados do mundo. Este modelo de industrialização caracterizou a época da fartura e da febre de consumismo da sociedade americana, o chamado "American way of life", que influenciou todo o mundo ocidental [7][47].

Em 1965, ocorreu o apogeu da indústria Norte-Americana e do sistema de produção que lhe servira de base. No entanto, é a partir deste ano que começa o declínio da produção em massa, pois o elevado processo de divisão do trabalho, acarretou o surgimento de inúmeras funções administrativas e de supervisão (divisão do gerenciamento), o que levou a um aumento dos custos indiretos, e a um distanciamento da parte técnica (Gerentes, engenharia e P & D) das atividades de manufatura, consumindo tempo e dinheiro na introdução de grandes projetos em detrimento a pequenos projetos de melhoria [29]. Além disso, o mercado consumidor mundial, já totalmente recuperado da guerra, começava a demandar novos produtos, o que implicaria em reprojetar totalmente os produtos Norte-Americanos e substituir as ferramentas das linhas de produção rígida. Isto demandaria tempo e gastos elevados [10].

Esta situação na produção em massa Norte-Americana e Européia teria prosseguido indefinidamente até a falência do sistema se não tivesse emergido no final dos anos 70 (setenta), um sistema de produção que vinha amadurecendo no Japão desde a segunda guerra mundial. Este sistema não implicava numa repetição do então sistema de produção em massa Norte-Americano, mas uma maneira inteiramente nova de se produzir, chamada de produção esbelta [7].

2.3.4 - Produção esbelta

Atualmente, a economia mundial atravessa um prolongado período de recessão, que faz parte de um longo ciclo econômico, cujas raízes podem ser localizadas na exaustão de um modelo de crescimento industrial baseado na produção de bens de consumo durável, com tecnologias altamente intensivas de capital, energia e como consequência poluição. Em cada um dos longos ciclos é possível localizar quatro fases: *decolagem, expansão, recessão e depressão*. Cada um desses ciclos é caracterizado por um período de tempo de 50 (cinquenta) a 55 (cinquenta e cinco) anos e por um conjunto de novas tecnologias [11].

As tecnologias pertencentes a ciclos anteriores não permitem mais aumentos substanciais de produtividade, criando assim oportunidades para novos e grandes investimentos. Consequentemente, os empresários canalizaram preferencialmente seus recursos para setores baseados em tecnologias novas, que podiam proporcionar-lhes lucros extraordinários, tais como computadores e automatização (robótica) [11].

Na década de 50 (cinquenta) começaram a ser reconstruídos os sistemas de manufatura japonês e europeu, onde destacou-se o sistema alemão que valorizava o forte conhecimento técnico do processo de produção, projeto e atividades correlatas, utilizando equipamentos comandados numericamente, introduzindo flexibilidade na fabricação e privilegiando a qualidade em todas as etapas do processo e no serviço ao cliente [29]. O surgimento de máquinas comandadas numericamente, possibilitou o surgimento da automação flexível, ou seja, alterações na máquina-ferramenta sem alterações de componentes da mesma, como ocorria na automação rígida [47].

O governo japonês concentrou-se na reconstrução da economia do país. Ao mesmo tempo, foram implantadas políticas visando o controle da inflação, a

modernização das plantas e equipamentos industriais e o aumento das exportações. O capital estrangeiro, sob forma de empréstimos, investimentos diretos, patentes e transferência de tecnologia, contribuiu decisivamente para a modernização da indústria japonesa [11]. A estas alterações simultaneamente desenvolveu-se novas tecnologias de produção:

- 1 - Tecnologia de grupo na URSS [25][38]
- 2 - Técnicas estatísticas de controle da qualidade em processo (CEP, TQC, FEMEA, Análise de experimentos) [13][14]
- 3 - Práticas de redução de inventários e controle em processo (KANBAN, Just in time) [32][41]
- 4 - Engenharia simultânea [47]

Por volta de 1970, surgem os primeiros sistemas flexíveis de manufatura na Europa e no Japão. **A produção esbelta, atinge simultaneamente a eficiência (custo), qualidade e flexibilidade máximas em todas as atividades, indo do projeto à montagem, reunidas no mesmo local.** Pode-se dizer, neste contexto, que a produção esbelta é caracterizada pelos seguintes fatores:

- 1- Capacidade da fábrica em conviver com grande diversificação de produtos e baixos inventários
- 2 - Utilização de célula de manufatura e automação flexível
- 3 - Uso de técnicas de controle da qualidade, tais como CCQ, TPM, etc.

As abordagens alemã e japonesa criaram sistemas com forte ênfase na qualidade, flexibilidade e integração a baixos custos operacionais, os quais passaram a ter uma grande importância após o primeiro choque do petróleo em 1974. Após este período instável da economia mundial, os sistemas de manufatura passaram a ter uma concorrência baseada em produtos diferenciados, produzidos em pequenos lotes e a baixo custo de aquisição.

Neste novo ambiente, os sistemas de manufatura, baseados no sistema de produção em massa, mostraram-se pouco competitivos, já que são poucos flexíveis, fracamente integrados, têm problemas de qualidade e somente alcançam baixos custos com grandes volumes de produção [29].

2.4 - Características dos sistemas de produção

Pode-se resumir sob a forma da tabela 2.2 as seguintes características dos sistemas de produção:

TABELA 2.2 - Características dos sistemas de produção

	SISTEMA DE PRODUÇÃO ARTESANAL	SISTEMA DE PRODUÇÃO EM MASSA	SISTEMA DE PRODUÇÃO ESBELTA
(n)	GRANDE	PEQUENO	MÉDIO
(m)	PEQUENO	GRANDE	MÉDIO
(p)	PEQUENA	GRANDE	GRANDE/ MÉDIO
(t _p)	GRANDE	PEQUENO	PEQUENO
(t _s)	MÉDIO	GRANDE	PEQUENO
(t _c)	GRANDE	PEQUENO	MÉDIO
(t _{tr})	GRANDE	MÉDIO	PEQUENO
(t _e)	MÉDIO	GRANDE	PEQUENO
(t _m)	GRANDE	PEQUENO	MÉDIO
(t _i)	GRANDE	PEQUENO	PEQUENO
(M _O)	INDIVIDUAL/ PEQUENOS LOTES	MASSA	LOTES
(M _p)	FLUXO DESCONTÍNUO	FLUXO CONTÍNUO	FLUXO DESCONTÍNUO
(AF)	GRUPO DE MAQ. (JOB-SHOP)	LINHA DEDICADA (FLOW-SHOP)	ARRANJO CELULAR
(Maq)	USO GERAL	DEDICADA	FLEXÍVEL
(E _F)	PEQUENO	GRANDE	MÉDIO/ GRANDE
(AP)	ALTA	BAIXA	MÉDIA
(V)	PEQUENO	GRANDE	MÉDIO
(C)	PEQUENA	MÉDIO	ALTO
(G _F)	ALTO	PEQUENO	MÉDIO
(A)	ÚNICA	CENTRALIZADA	DESCENTRALIZ.
(O)	POUCOS NÍVEIS	MUITOS NÍVEIS	POUCOS NÍVEIS
(E)	BENS DE CAPITAL	BENS DE CONSUMO NÃO DURÁVEIS	BENS DE CONSUMO DIVERSIFICADO
(F _{MO})	GENERALISTA	ESPECIALIZADA	POLIFUNCIONAL
(Q)	ALTA	BAIXA	ALTA/ MÉDIA
(R)	BAIXO	ALTO	BAIXO
(CI)	POUCOS	GRANDES MERC.	DIFERENCIADOS

Observa-se nitidamente através da tabela 2.2, que os sistemas de produção apresentam diferenças distintas dentro de uma mesma característica.

Comparando-se especificamente o sistema de produção artesanal e o sistema de produção em massa observa-se que na maior parte dos casos, os dois sistemas apresentam características opostas entre si, ou seja, os dois sistemas são antagônicos em termos de definição e estrutura de sistemas de manufatura. Pode-se ainda notar que o sistema de produção esbelta apresenta características distintas em relação outros dois sistemas citados. Este tipo de sistema procura ter as vantagens dos outros dois, e desta forma corresponder às tendências atuais do mercado. Este desempenho pode ser melhor observado na figura 2.7, a seguir:

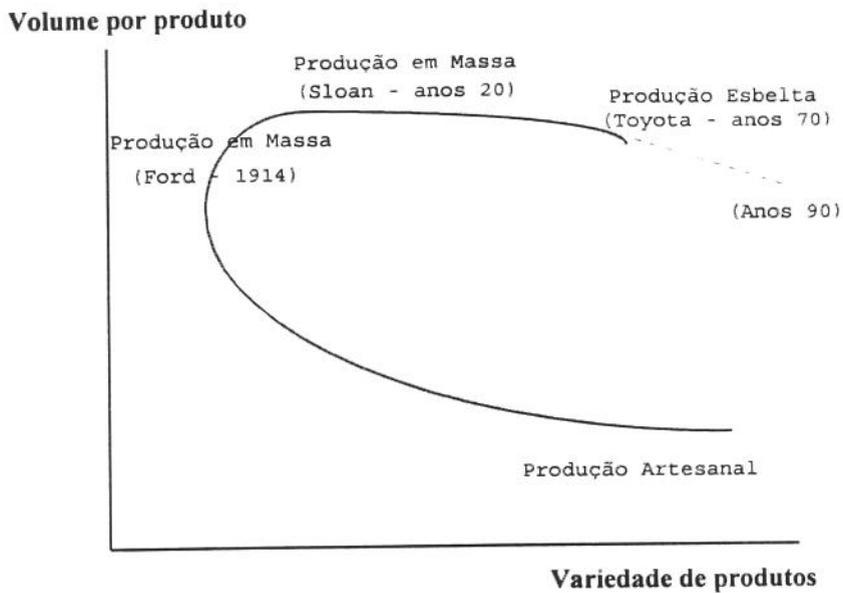


Figura 2.7 - Progressão da variedade de produtos e volumes de produção na indústria automobilística [7]

2.5 - Relação entre os tipos de "lay-out's" e os sistemas de produção

Existem basicamente quatro tipos de "lay-out's", que serão descritos à seguir:

2.5.1 - "Lay-out" posicional ou fixo

Neste "lay-out" o produto fica parado, pois não é prático movê-lo. Os operadores e máquinas são os que se movimentam [35]. Exemplos mais comuns são:

- Fabricação de navios
- Construção civil
- Montagem de grandes máquinas
- Esculturas
- Plataformas marítimas, etc

A figura 2.8 [35] esquematiza um "lay-out" posicional

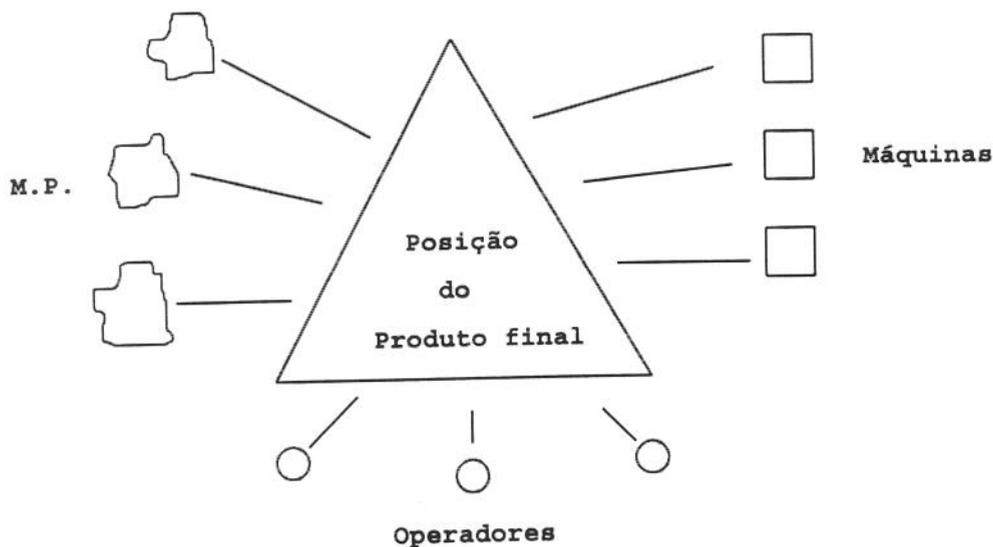


Figura 2.8 - "Lay-out" posicional ou fixo [35]

As principais características das fábricas que se utilizam deste "lay-out" são:

- Grande diversificação de produtos
- Pequena quantidade produzida de cada um desses produtos
- Grandes tempos de processamento, "set-up", carga e descarga, transporte e estocagem

Estas características conduzem ao chamado *SISTEMA DE MANUFATURA INDIVIDUAL* [28], ou seja, a quantidade de produtos é baixa ou unitária, através de projetos específicos. Olhando-se para esta característica, e observando-se a tabela 2.2, nota-se que este tipo de "lay-out" se adequa melhor ao SISTEMA DE PRODUÇÃO ARTESANAL.

2.5.2 - "Lay-out" por produto ou linear

É o "lay-out" aplicado em fábricas de montagem. As máquinas são arranjadas de acordo com a sequência de operações ou componentes a se realizarem. O material move-se, enquanto as máquinas permanecem fixas [35]. Exemplos mais comuns são:

- Fábricas de montagem de automóveis
- Fábricas de eletrodomésticos
- Fábricas de microcomputadores

A figura 2.9 (a) [37][38] esquematiza um "lay-out" em linha. As principais características das fábricas que se utilizam deste tipo de "lay-out" são:

- Pequena variedade de produtos
- Grande quantidade produzida de cada um destes produtos
- Pequenos tempos de processamento, transporte e carga
- Grandes tempos de "set-up" e estocagem

Estas características conduzem ao chamado *SISTEMA DE MANUFATURA EM MASSA OU SÉRIE* [28]. Isto significa que é feita em grandes

quantidades de forma repetitiva, tendo um projeto estável e com baixa diversificação. Comparando-se estas características com as da tabela 2.2, notamos que este tipo de "lay-out" se adequa melhor ao SISTEMA DE PRODUÇÃO EM MASSA.

2.5.3 - "Lay-out" por processo ou funcional

Neste tipo de "lay-out", as máquinas são agrupadas de modo a realizar operações análogas, em um mesmo local. O material move-se através de secções especializadas e pode não haver uma sequência de operações [35]. Exemplos mais comuns são:

- Fábricas de sapato
- Indústrias têxteis
- Indústrias de brinquedos

A figura 2.9 (b) [37][38], esquematiza um "lay-out" funcional. As principais características das fábricas que se utilizam deste tipo de "lay-out" são:

- Média variedade de produtos e quantidade produzida destes
- Pequeno tempo de processamento
- Médios tempos de "set-up" e de carga e descarga
- Grandes tempos de transporte e estocagem

Estas características conduzem ao chamado *SISTEMA DE MANUFATURA EM LOTE* [28], ou seja, a produção é realizada em séries fixas ou em lotes tendo um projeto estável e com uma boa diversificação. Muitos produtores em massa partiram para este tipo de "lay-out" visando atender as novas necessidades de variedades de produto exigidas pelo mercado. O grande problema, é que com este tipo de "lay-out", o sistema apresenta muito tempo perdido em transporte e estocagem de produto em processo, o que prejudica a produtividade do sistema.

2.5.4 - "Lay-out" em grupo ou celular

A tecnologia de grupo surgiu na década de 70 (setenta), e embora existam diversas definições para esta tecnologia, o objetivo principal desta, é simplificar e padronizar para tirar proveito das similaridades, através de famílias de peças produzidas em pequenos ou médios lotes, utilizando-se da idéia de "lay-out" funcional [25][36][38].

A figura 2.9 (c) [37][38], esquematiza um "lay-out" em grupo ou celular. As principais características das fábricas que se utilizam deste tipo de "lay-out" são:

- Média diversificação de produtos e a quantidade produzida destes
- Pequenos tempos de processamento, "set-up", carga e descarga, transporte e estocagem

O surgimento da tecnologia de grupo permitiu a conceituação deste tipo de "lay-out", que por sua vez possibilitou a resolução dos problemas de tempos perdidos em transporte e estocagem do "lay-out" funcional. Exemplos típicos são as linhas de produção da Toyota, as quais possuem sistema de troca rápida nas prensas e "lay-out" em células de produção coordenadas cada uma, por equipe própria (C.C.Q.) visando a produtividade, qualidade e flexibilidade. Todas estas características, resumidas na tabela 2.2, conduziram ao chamado SISTEMA DE PRODUÇÃO ESBELTA [7][32][41].

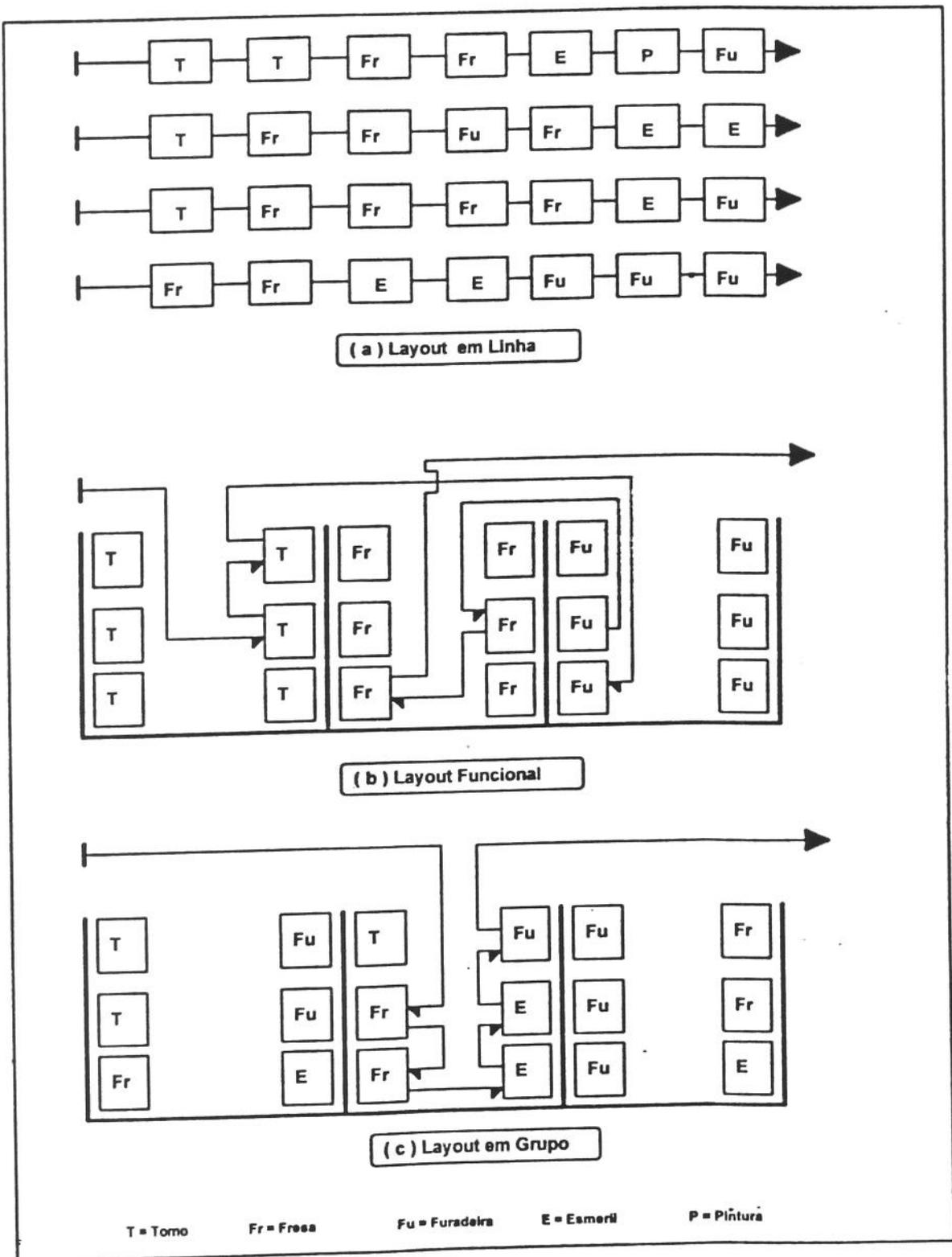


Figura 2.9 - Tipos de lay-out's [37]

2.6 - Conclusão

No decorrer deste capítulo foram verificadas as diversas alterações que ocorreram no mercado consumidor ao longo das décadas, levando ao surgimento de novos critérios de desempenho (Custo, Qualidade e Flexibilidade) e suas repercussões no ambiente interno das fábricas, com o surgimento de novos sistemas de manufaturas com características típicas. Foram estudadas as mudanças nas arquiteturas de manufaturas em detrimento das alterações de mercado. Foram também descritos e analisados os diversos tipos de 'lay-out's' ou arranjos físicos e sua correlação com os sistemas de manufatura existentes.

Conclui-se que na seleção da estrutura de um sistema de manufatura nos dias atuais, deve-se considerar fatores tais como:

- Rendimento de produção (Produtividade)
- Número de variações de produto (Flexibilidade)
- Nível de refugo e reprocesso aceitável (Qualidade)
- A seqüência de operações (Roteiro e lay-out)

As figuras 2.10 e 2.11 resumem respectivamente o desenvolvimento tecnológico no ambiente fabril e as alterações de metas estratégicas no mercado.

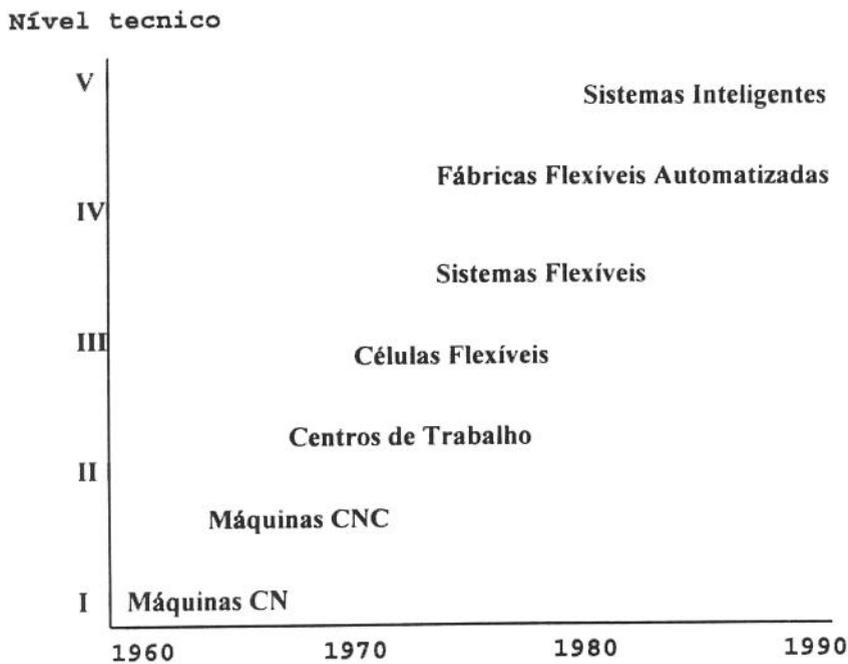


Figura 2.10 - Desenvolvimento tecnológico na manufatura [45]

Metas estratégicas

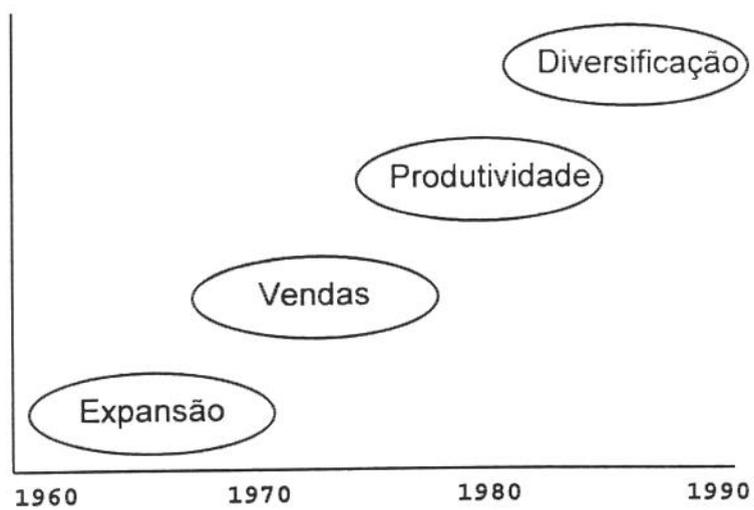


Figura 2.11 - Troca das metas estratégicas de negócios [45]

CAPÍTULO 3

(PROPOSTA DE MODELO DE ANÁLISE DE SISTEMAS DE MANUFATURA)

3.1 - Introdução

O critério flexibilidade, surgiu no final dos anos 70 (setenta) e início dos 80 (oitenta) e veio satisfazer as necessidades do mercado mundial. Trata-se pois, da velocidade de reação ou tempo de resposta que uma empresa deve possuir para atender aos estímulos de um mercado ávido por novos produtos, e conseqüentemente desenvolvê-los e colocá-los em produção. Em outras palavras, flexibilidade quer dizer a velocidade com a qual a empresa pode implementar trocas.

É comum classificar flexibilidade em seis itens distintos [4][5][43]:

1) Flexibilidade em montagens de máquinas para novas peças ("Set up")

Também chamada "flexibilidade de mix", é a capacidade de suportar alterações no mix de produção dentro de uma dada gama (família) de produtos e peças. Compreende atividades não só de "set-up", mas de suprimentos, organização do trabalho, adequação dos planos de manutenção e qualidade.

2) Flexibilidade em mudanças de produtos (Novos produtos)

Capacidade de introduzir e retirar, peças e componentes da linha, ou de fazer modificações nos produtos/ componentes existentes.

3) Flexibilidade de volume (Variações da demanda)

Capacidade de variar o volume de um ou mais itens produzidos sem degradação significativa da margem operacional, quando se tratar de retrações da demanda, ou sem custos extraordinários quando se tratar de expansão da capacidade.

4) Flexibilidade a flutuações da demanda do mercado (Sazonalidade)

Capacidade de suportar sazonalidades na demanda/ produção de bens. Difere da flexibilidade de volume devido ao conhecimento antecipado do comportamento sazonal do mercado.

5) Flexibilidade a quebras de equipamentos

Capacidade de resposta a imprevistos e incidentes verificados na produção como falta de suprimentos, variabilidade da matéria-prima, variabilidade das condições do equipamento, quebras de equipamentos, problemas de coordenação, etc.

6) Flexibilidade a erros de previsão

Capacidade do sistema de suportar os erros citados nos cinco itens acima. Esta flexibilidade está intimamente ligada com a perspicácia, rapidez e funcionalidade do sistema de informação.

Deve-se ter em mente que para se obter um sistema flexível de produção, é necessário ter-se os quesitos a seguir:

- **Flexibilidade dos equipamentos**, através de automação flexível (CAM, FMS, CIM) ou troca rápida de ferramenta em equipamentos mais rígidos
- **Flexibilidade no desenvolvimento de novos produtos**, através de automação flexível (CAD, CAE) ou técnicas de engenharia simultânea
- **Flexibilidade de mão-de-obra**, através de funcionários (administrativos e operacionais) treinados em várias funções, com filosofia de qualidade total e gestão participativa na resolução de problemas

Estes quesitos devem interagir de maneira integrada, a fim de ganhar-se na redução do tempo de resposta ao mercado, o que é vital nos dias atuais.

A noção de flexibilidade desenvolveu-se em oposição à idéia de rigidez dos sistemas produtivos. O bom desempenho de um sistema de manufatura, na produção individual, em lotes ou em massa, depende da capacidade do sistema produtivo em se adaptar antecipadamente aos estímulos externos. Quando esses estímulos mudam, as

condições operacionais devem mudar sem diminuir os índices de produtividade e qualidade, os quais implicam na lucratividade e no sucesso econômico da empresa [21].

No entanto, muitas vezes, mudanças para atender alterações na demanda, conduzem a uma queda da produtividade, devido a baixa flexibilidade do sistema de manufatura, o que implica numa elevação do custo unitário do produto em comparação com outros sistemas de manufatura concorrentes, que conseguem responder aos estímulos mais rapidamente devido a alta flexibilidade [28]. Em decorrência deste fato, existe uma convicção comum entre vários empresários que alta flexibilidade acarreta baixa produtividade e que alta qualidade, aumenta os custos e diminui a produtividade [15]. No entanto esses três índices, podem ter uma relação positiva.

Pode-se observar através da figura 3.1 [18][42], que existe uma variação do custo unitário do produto em função do volume de produção (m) e da variedade de produtos (n). Nota-se que, na curva de volume, o custo unitário decai com altos volumes, típico de sistemas de produção em massa (economia de escala). No entanto, o mercado atual solicita uma gama variada de produtos, o que terá como consequência um aumento do custo unitário do produto que poderá ser mais ou menos intenso dependendo do grau de flexibilidade do sistema em questão.

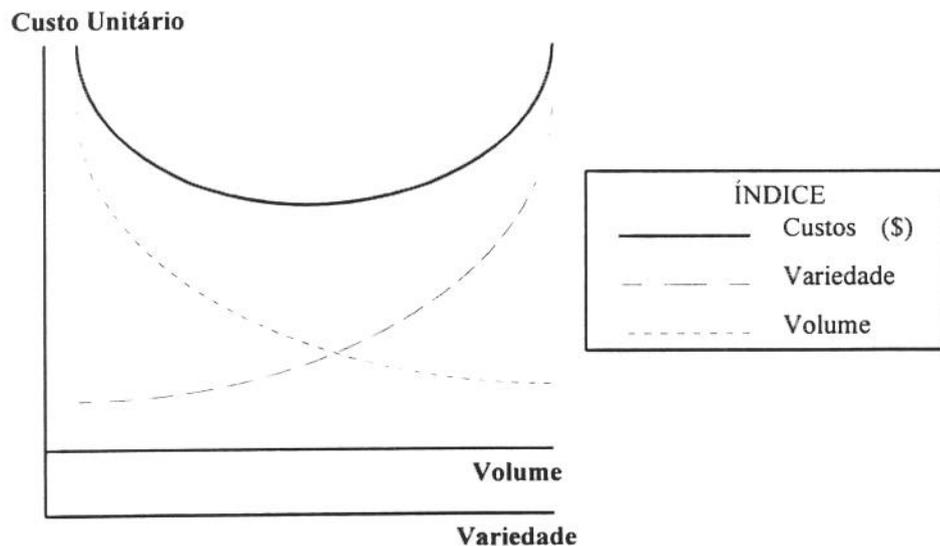


Fig 3.1 - Relação custo unitário X volume e variedade do produto [18][42]

A introdução de tecnologias avançadas de manufatura, tais como:

- Máquinas ferramentas CNC com diversos eixos programáveis.
- Dispositivos (robôs) programáveis de carga e descarga.
- Equipamento de manipulação de material (AGV's).
- Armazéns automáticos [16][20].

tem alterado substancialmente os padrões de comportamento dos custos, pois tem contribuído para aumentar a porcentagem de custos fixos através dos chamados custos indiretos de fabricação (depreciação de equipamentos, gastos com engenharias, processamento de dados, mão-de-obra indireta, etc). Ao mesmo tempo, os chamados custos variáveis ou custos diretos de fabricação (materiais diretos, mão-de-obra direta, etc) tem decrescido constantemente com a implantação de novas tecnológicas de automação [17][22][23]. A variação do custo unitário do produto pelo volume de produção em função do tipo de automação pode ser exemplificada na figura 3.2 [46].

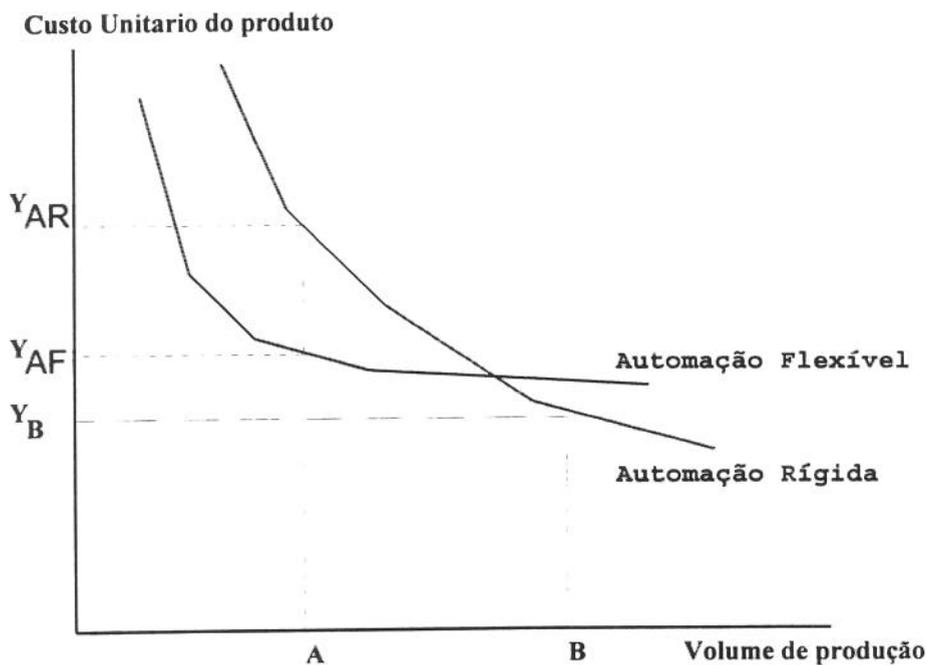


Figura 3.2 - Custo comparativo entre a automação rígida e a flexível [46]

3.2 - Índices

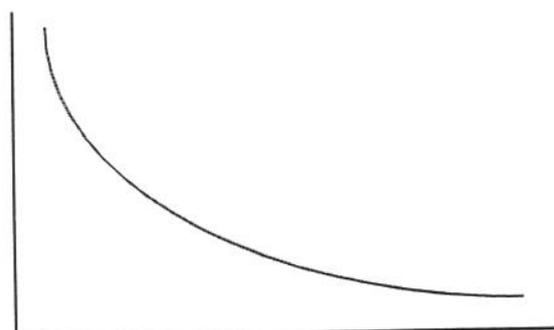
3.2.1- Índice de flexibilidade operacional

A flexibilidade operacional é um parâmetro importante a ser considerado no contexto da produção moderna, já que as condições ditadas pelo mercado consumidor, através da diversificação e reduzida vida dos produtos, além das questões de competitividade e satisfação do cliente, exigem respostas rápidas do sistema produtivo e com qualidade. Assim sendo, a definição e análise de flexibilidade operacional e os fatores que a determinam, são questões a serem discutidas e analisadas [28].

Flexibilidade operacional é a capacidade de um dado equipamento de produzir peças diferentes num certo período de tempo respeitando-se as condições tecnológicas e de suporte administrativo da estrutura fabril e do referido equipamento [4][40]. As organizações, através do aumento da flexibilidade operacional de seus equipamentos, conseguem aumentar a flexibilidade operacional da fábrica como um todo, se adequando as incertezas impostas pelo mercado [19].

Quanto maior for a flexibilidade de projeto de um equipamento, menor será a sua produção por unidade de tempo, como pode ser observado na figura 3.3, pois este equipamento será mais adequado para produções com uma alta variedade de produtos, portanto produção de pequenos lotes, do que produções de grandes lotes como é o caso de produções em massa.

Produção por unidade
de tempo (peças/ T)



Flexibilidade de projeto

Figura 3.3 - Relação entre flexibilidade de projeto e produção por unidade de tempo [4]

Os conceitos básicos que serão utilizados nas definições dos índices de flexibilidade operacional são [4]:

1) **Tempo disponível (t_d)**: É o tempo do equipamento ou máquina disponível para a realização de trabalho, ou capacidade instalada. Teoricamente o valor de " t_d " pode variar entre:

$$0 < t_d < \infty$$

O tempo disponível deve ser analisado por períodos bem definidos, ou seja:

- A) Tempo disponível de um dia
- B) Tempo disponível de um mês
- C) Tempo disponível de um ano

2) **Tempos improdutivos (t_i)**: São os tempos que diminuem o tempo disponível do equipamento, devido a paradas da máquina por motivos técnicos (quebras, manutenções, problemas de controle de qualidade, etc) ou administrativos (falta de programações, falta de manutenção, falta de materiais, filas, etc).

3) **Tempos de montagem - "SET-UP" (t_s)**: São tempos que diminuem o tempo disponível do equipamento. São decorrentes da montagem, preparação e ajuste do equipamento para a fabricação de " n " tipos de peças.

$$t_s = \sum_{i=1}^n (t_{si} \times Z_i) \quad (1)$$

onde:

t_{si} = Tempo de montagem ("set-up") correspondente à preparação da máquina para fabricar a peça "i".

Z_i = Número de vezes que é preparada a máquina para fabricar a peça "i", dentro do período definido.

4) **Tempo trabalhado (t_t):** É o tempo efetivamente trabalhado, descontando-se os tempo improditivos e de montagem (set-up) do tempo disponível do equipamento.

$$t_t = t_d - t_i - t_s$$

ou (2)

$$t_t = t_d - t_i - \sum_{i=1}^n (t_{si} \times Z_i)$$

5) **Tempo padrão (t_p):** É a quantidade de tempo, expressa no conceito de tempo padrão referente a fabricação de peças, diferentes ou não, produzidas no equipamento, que pode ser expresso pela equação:

$$t_p = \sum_{i=1}^n (t_{pi} \times m_i) \quad (3)$$

onde:

t_{pi} = Tempo padrão para se fabricar uma unidade da peça "i" de acordo com a engenharia de processo.

m_i = Quantidade confeccionada da peça "i"

n = Número de peças diferentes confeccionadas

Assim, pode-se definir a flexibilidade operacional como:

$$f_o = 1 - \frac{t_i}{t_d} - \frac{\sum_{i=1}^n (t_{si} \times z_i)}{t_d} \quad (4)$$

Da equação (4), conclui-se que $f_o = t_t / t_d$, mas como "t_d" (tempo disponível) é sempre maior que "t_t" (tempo trabalhado), temos que "f_o", sempre assumirá um valor entre $0 \leq f_o \leq 1$. Quanto mais próximo de um (1) for o valor de "f_o", maior será a flexibilidade operacional do equipamento, ou seja, o valor de "t_t" se aproxima do valor de "t_d". Para que isso possa ocorrer, deve-se ter reduções nos tempos improdutivos e nos tempos de montagem ("set-up"), caracterizando assim um equipamento flexível [4].

Observando a equação (4) pode-se notar que o suporte administrativo dado ao equipamento por áreas como PCP ou Manutenção, e que por sua vez evitam paradas com consequente aumento dos tempos improdutivos, pode ser representada através do primeiro termo desta equação, denominada flexibilidade de suporte organizacional ($f_s = 1 - t_i / t_d$). Esta poderá assumir quaisquer valores entre $0 \leq f_o \leq f_s \leq 1$, pois "t_i" (tempos improdutivos) são sempre menores do que "t_d" (tempo disponível).

A segunda parte da equação relaciona-se às condições de troca de peças no equipamento ou facilidades de "set-up's"; portanto relacionado às condições tecnológicas intrínsecas do equipamento (f_t) [20]. Onde:

$$f_t = - \sum_{i=1}^n \left(\frac{t_{si} \times Z_i}{t_d} \right)$$

Portanto tem-se:

$$f_o(n) = f_s + f_t \times n \quad (5)$$

Onde, $f_o(n)$ é a flexibilidade operacional em função de (n)

Se a equação (5) for colocada na forma gráfica, o resultado será um conjunto de pontos onde a poligonal decrescente expressa a perda de flexibilidade operacional do equipamento devido a troca de ferramental ("set-up") como mostrado na figura 3.4. Portanto, esta equação trata-se de uma equação linear de uma reta cujo coeficiente linear diz respeito a flexibilidade de suporte (f_s) e o coeficiente angular, está relacionado à flexibilidade tecnológica do equipamento (f_t).

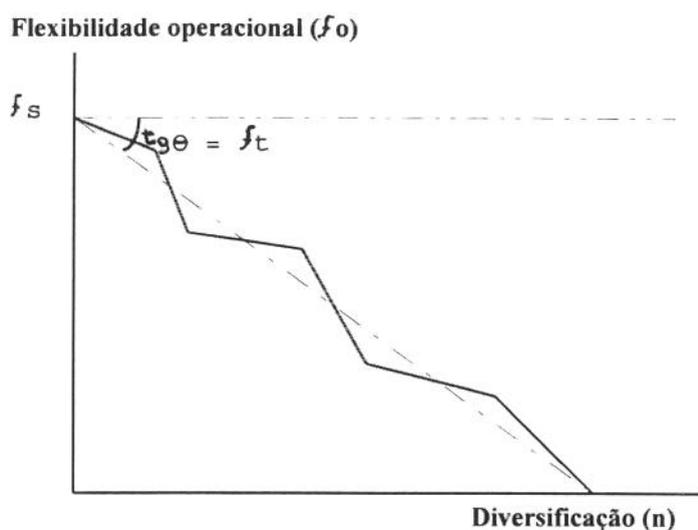


Figura 3.4 - Representação gráfica da equação (5) [4] [20]

Pode-se concluir das equações anteriormente citadas e da análise do gráfico acima, que:

1) Quanto menores forem os tempos improditivos relacionados ao suporte administrativo fornecido ao equipamento, maior será a flexibilidade de suporte dada a um equipamento (assistência) e, como consequência maior será a flexibilidade operacional do mesmo. Resumindo, todos os esforços feitos para aumentar a eficiência do sistema de manufatura, na forma de melhoria do desempenho das áreas de suporte à produção, serão refletidos no aumento da flexibilidade operacional (f_o) do equipamento. Nesse ponto, é importante observar que o processo de modernização de uma empresa não pode ser estruturado somente nas novas tecnologias, mas também nas áreas de apoio, que deverão ser treinadas para o uso e manutenção das mesmas.

2) Quanto maior a flexibilidade tecnológica dada a um equipamento, maior será a flexibilidade operacional do mesmo. Em outras palavras, padronização de ferramental e dispositivos (troca rápida de ferramenta), reduz os tempos de preparação e de montagem. Projetos mais simples e troca de ferramental menos constante, também auxiliam na redução do tempo de montagem.

3) Quanto maior for o tempo disponível (t_d), maior será a flexibilidade operacional (f_o) do equipamento, pois o uso de turnos/ horas extras, obviamente aumenta a flexibilidade operacional. Porém, o aumento do " t_d " ocasiona diminuição do índice de produtividade.

4) Máquinas são consideradas altamente flexíveis quando a flexibilidade operacional (f_o) for alta, os tempos improdutivos (t_i) e de montagem (t_s) forem baixos e o número de montagem (Z) for alto.

5) Para os casos específicos de fabricação celular com o uso de ferramental de grupo (tecnologia de grupo) [25] e dispositivos padronizados (troca rápida de ferramenta) [26], o tempo de montagem entre peças de uma mesma família reduz-se ao mínimo, ou seja, $t_s \implies 0$. Desta maneira, a flexibilidade tecnológica aumenta, o que implica, independentemente do valor que "Z" venha assumir, num aumento da flexibilidade operacional. Por tanto, pode-se ter dentro de uma célula de produção, altos valores de "Z" nas mais variadas sequências dentro de peças de uma mesma família, sem prejuízo da flexibilidade operacional do equipamento e por consequência na flexibilidade operacional da célula [27].

3.2.2 - Índice de Produtividade

A produção é um valor absoluto, podendo ser referida a uma operação, a uma fábrica, a uma fazenda, a uma empresa ou à economia regional, nacional ou mundial. Ela é, geralmente, medida em quantidade e expressa em unidades de referência, tais como quilos, toneladas, metros, centímetros, metros quadrados e outras unidades [6].

A noção de produtividade é uma noção científica, mas não é autônoma. Em seu conceito formal, produtividade é rendimento, ou seja, **uma relação que define e mede a divisão dos resultados ou saídas (outputs) pelos recursos ou entradas (inputs)** [4].

$$\text{Índice de produtividade} = \frac{\text{Horas gastas em produtos produzidos (output)}}{\text{Horas disponíveis a produção (input)}}$$

Este conceito formal de produtividade não é único. Pode-se encontrar diversas definições para a mesma, no entanto, deve-se ressaltar que produtividade em si, não é o objetivo, mas sim aumentar a produtividade ou comparar produtividades.

As empresas em geral, definem metas para serem alcançadas através de seus índices de produtividade, medindo-os e avaliando-os constantemente. Verifica-se assim, se as metas foram atingidas ou não; em caso negativo, buscam-se as razões das falhas e adotam-se ações corretivas necessárias.

A produtividade atual em qualquer país ou indústria, pode ser melhorada, desde que se estudem as causas da baixa produtividade, ou do mal aproveitamento da matéria-prima, do trabalho dos homens e das máquinas, das instalações e do capital e se procure simplificar tarefas e operações, criando novas técnicas operativas, modernizando máquinas e implementos de trabalho, racionalizando processos, eliminando fadigas e reduzindo desperdícios, quer de pessoal, quer de material ou de tempo [6].

As causas da baixa produtividade são encontradas na má utilização dos fatores da produção e devem ser estudadas segundo um esquema em que eles possam ser distribuídos por quatro grupos, e suas respectivas ações[12]:

1) GRAU DE MECANIZAÇÃO DA INDÚSTRIA

- * Modernização de equipamento
- * Modernização de processos
- * Modernização de métodos de trabalho

2) EFICIÊNCIA DO TRABALHADOR

- * Seleção de pessoal e respectiva qualificação
- * Formação e aperfeiçoamento do pessoal
- * Treinamento de supervisores
- * Simplificação das tarefas
- * Criação de ambientes favoráveis

3) AJUSTAMENTO DA CAPACIDADE OPERACIONAL DA

INDÚSTRIA

- * Eliminação de desperdícios
- * Seleção racional do ferramental de trabalho
- * Adequação do trabalho à função ou operação a ser exercida ou executada
- * Fixação de "lay-out" racional

- * Fixação adequada de lotes de trabalho
- * Fixação dos ciclos de fabricação
- * Eliminação, ou redução, das paradas nos ciclos de produção
- * Redução dos estoques de matéria-prima, de produtos semi-acabados e acabados

4) RENDIMENTO ECONÔMICO E FINANCEIRO DA EMPRESA

- * Estabelecimento de sistemas de apuração de custos
- * Fixação de ciclos financeiros

A partir deste conceito a produtividade pode ser expressa como:

$$p = \frac{t_p}{t_d} \quad (6)$$

O grau de saturação de um equipamento (s), é a relação entre o tempo padrão (t_p) de um programa de produção e o tempo total (t_t) de trabalho do equipamento. A saturação de curto prazo (S_c), leva em conta a produção de peças existentes e de novas peças na máquina, dentro do horizonte de curto prazo [4]. O valor de " t_p " é sempre menor ou igual a " t_t ", caso contrário, a máquina estaria saturada e seria necessário a compra de mais um equipamento para suprir a necessidade produtiva. Portanto, têm-se:

$$S_c = \frac{t_p}{t_t} \quad (7)$$

A flexibilidade operacional de um equipamento (f_o), como definida anteriormente, é representada pela relação entre o tempo total trabalhado e o tempo total disponível [4]. O valor de " t_t " é sempre menor ou igual a " t_d ".

$$f_o = \frac{t_t}{t_d} \quad (8)$$

Por tanto, conclui-se que a produtividade de um equipamento é dada pelo produto do grau de saturação de curto prazo pela flexibilidade operacional do mesmo [4], que pode ser representada por:

$$p = s_c \times f_o \quad (9)$$

Observando-se a equação (9) e as anteriores, pode-se tirar as seguintes conclusões:

1) A produtividade de um equipamento está ligada ao grau de utilização e à flexibilidade operacional do mesmo.

2) O aumento da produtividade de um dado equipamento, deve-se ao aumento do tempo padrão do equipamento (t_p), de acordo com a equação (6). Isto pode ser obtido através de estudos de engenharia (kaizen), o que implicaria numa redução do t_{pi} (tempo padrão de cada tipo de peça) processada pela máquina e num acréscimo considerável das quantidades produzidas (m), ou seja, todo tempo disponível do equipamento deverá ser utilizado para confeccionar peças. Geralmente, as empresas conseguem este objetivo através de garantia do processo, isto é, com equipamentos automatizados e em bom estado, com operadores qualificados na supervisão e com material de primeira qualidade, reduzindo-se assim as perdas e desperdícios do processo (refugos e reprocessos).

3.3 - Fator Qualidade

Pode-se identificar sete dimensões para formar uma estrutura voltada para os elementos básicos da qualidade de um produto:

- 1 - Desempenho
- 2 - Características
- 3 - Confiabilidade
- 4 - Conformidade
- 5 - Durabilidade
- 6 - Assistência técnica ("serviceability")
- 7 - Estética

Cada uma é independente e distinta das outras, pois um produto pode ser bem classificado em uma dimensão, ao mesmo tempo que está mal classificado em outra [13].

Mas, a principal idéia por de trás da qualidade diz respeito aos custos da má qualidade (refugos, reprocessos, perda de mercado, etc), que implicam em custos elevados no processo. Estes custos são comumente denominados custos de falhas ou custos da não-conformidade e se dividem em duas categorias:

1- **Custos de falhas internas:** Custos associados a materiais, componentes e produtos defeituosos que não satisfazem os padrões de qualidade causando perdas na produção. Ou seja, custos de falhas ocorridas internamente na empresa.

2- **Custos de falhas externas:** Custos gerados pela distribuição de produtos defeituosos aos consumidores. Ou seja, custos de falhas ocorridas externamente.

Esta relação entre custos e qualidade do produto é inversamente proporcional, como está exemplificado na figura 3.5 [40]. No entanto existe um outro custo no sistema proveniente do controle e combate à má qualidade. São os chamados custos da boa qualidade (cartas de controle, CCQ, equipamentos novos, etc). Estes custos implicam em custos elevados no sistema, e também se dividem em duas categorias:

1- **Custos da avaliação:** Custos associados à medição, avaliação e auditorias de características da matéria-prima, componentes e produtos para assegurar a conformação com os padrões de qualidade. Ou seja, referem-se aos custos das atividades de inspeção propriamente dita.

2- **Custos de prevenção:** Custos associados às atividades de projeto, implementação e operação do sistema de qualidade, incluindo a administração e auditoria do sistema. Em outras palavras, referem-se aos gastos ocasionados com o propósito de se evitar defeitos.

A relação entre este tipo de custo e qualidade é diretamente proporcional. A figura 3.5 [40] dá uma noção melhor da relação custo/ benefício para a qualidade. Nela nota-se também uma terceira curva, denominada custo total da qualidade, que nada mais é do que a soma das duas anteriores; observa-se ainda que esta curva apresenta um ponto ótimo de custo, onde se produz com uma qualidade aceitável no menor custo possível [14].

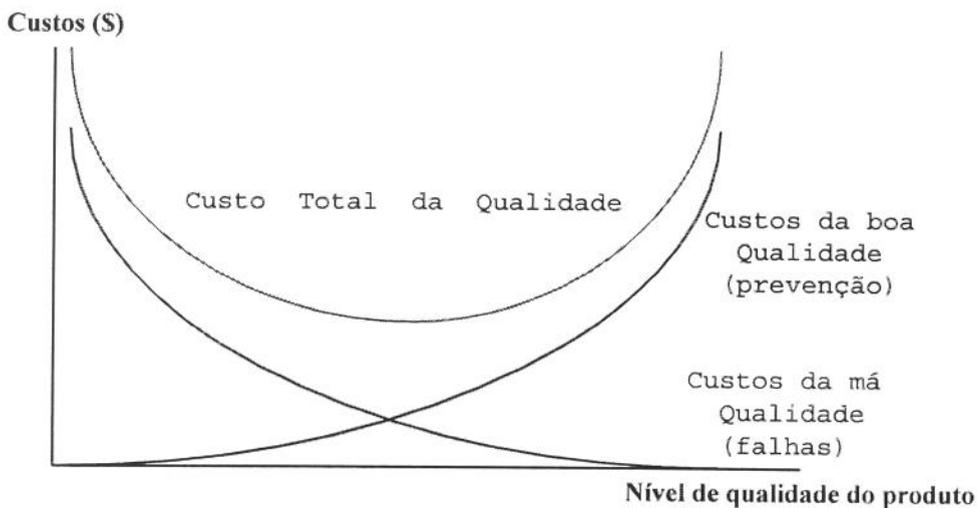


Figura 3.5- Curva dos custos da qualidade [14][40]

3.4 - Influências dos gargalos de produção na flexibilidade operacional

A meta de qualquer organização de manufatura com fins lucrativos (empresa), seja ela estatal ou privada, é ganhar dividendos para seus acionistas. Uma ação que leve nesta direção é chamada produtiva. E uma ação que afaste desta direção é considerada não produtiva [39]. No entanto, apesar de extremamente simples, tal definição na prática, esbarra nos chamados "gargalos de produção", que dificultam a vida dos empresários e administradores, aumentando sobre maneira os inventários em processo, principalmente quando a variedade de produtos começa a aumentar acompanhando as tendências de mercado.

Um "gargalo de produção" é qualquer recurso (equipamento) cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda (carga) colocada nele. Os gargalos não são bons nem ruins, eles simplesmente existem e tem que ser administrados [39].

A capacidade da fábrica ou da linha de produto é igual a capacidade dos gargalos. Por tanto, o tempo perdido em um gargalo, será perdido no sistema inteiro, ao passo que o tempo economizado em um equipamento que não é gargalo, é apenas uma "miragem" [39]. As principais formas de desperdícios de tempo no gargalo são:

- Gargalos parados, devido a quebra do equipamento, falta de matéria-prima, horário de almoço, troca de ferramentas, etc (tempos improdutivos e de set-up).
- Peças defeituosas processadas no gargalo, devido à falhas de mão-de-obra ou de controle de processo, causam refugo ou reprocesso no gargalo (má qualidade).
- Gargalo operando com peças que não são prioridades do mercado (mal planejamento).

Se considerarmos o tempo total desde que o material entra na fábrica até o momento em que ele sai como parte de um produto acabado, pode-se dividir esse tempo em seis elementos [39][40]:

1- **Tempo de preparação ou "set-up" (t_s)**: tempo que a peça gasta esperando por um equipamento, enquanto o equipamento está sendo preparado para trabalhar a peça. Relacionado com as condições tecnológicas da máquina que compõem o centro de trabalho e também com as condições organizacionais da empresa.

2- **Tempo de carga e descarga (t_c)**: tempo que a peça gasta durante o carregamento ou descarregamento na máquina, para ser processada. Relacionado com o tipo de carga e descarga que se tenha nos sistemas de manufatura (manual, esteira, Robô, etc).

3- **Tempo de processo (t_p)**: tempo de processamento básico da peça. Relacionado com as condições tecnológicas de manufatura (usinagem, conformação plástica, tratamento térmico, etc).

4- **Tempo de transporte (t_{tr})**: tempo que a peça gasta no transporte de uma estação de trabalho para a subsequente. Relacionado com as condições organizacionais (fluxos racionais) e tecnológicas (AGV's, transportadores, etc)

5- **Tempo de fila (t_f)**: tempo que a peça gasta na fila de um equipamento enquanto este está trabalhando em outra peça.

6- **Tempo de espera ou estocagem (t_e)**: tempo que a peça espera, não por um equipamento, mas por outra peça para que elas sejam montadas juntas.

Num sistema de produção em lotes ("Job Shop"), as participações mais prováveis dos tempos anteriormente citados, distribuem-se de acordo com a figura 3.6 [4] [40]:

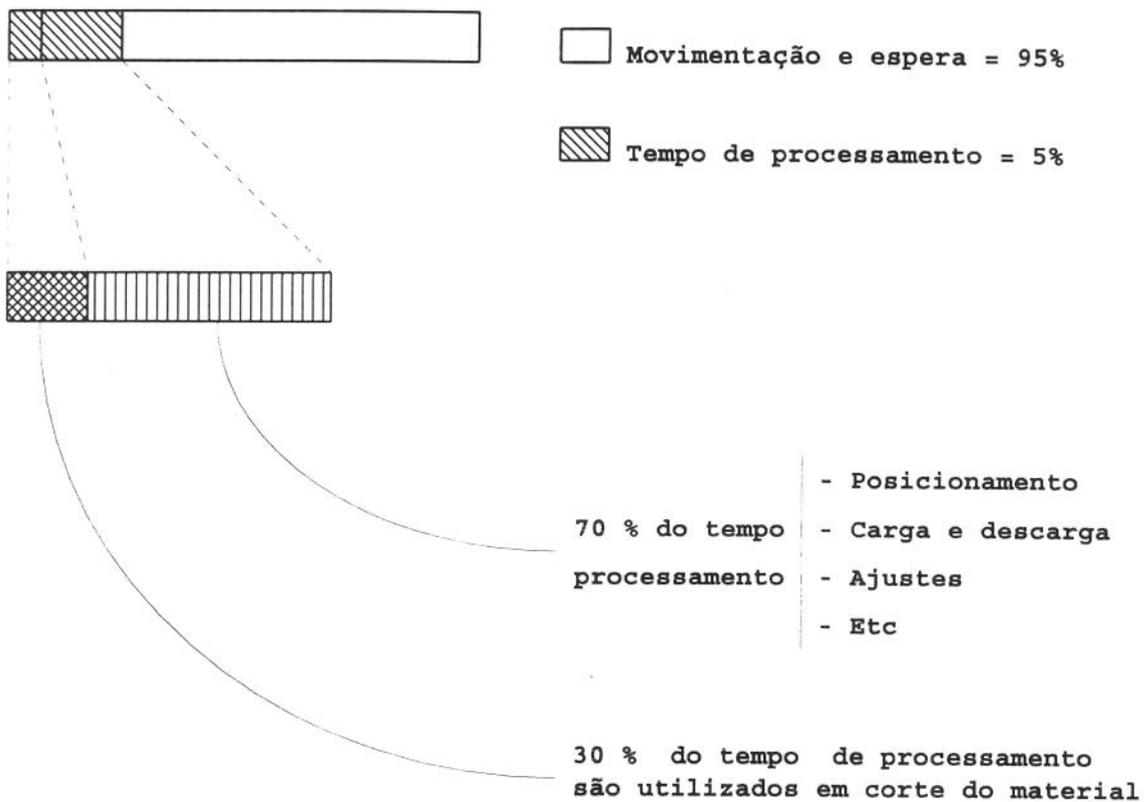


Figura 3.6 - Composição dos tempos totais de usinagem [40]

Para as peças que passam por "gargalos", o tempo de fila é a parte dominante, pois a peça fica parada na frente do gargalo durante longo tempo. Já as peças que passam apenas por "não gargalos", o tempo de espera é o dominante, por que elas esperam na frente da montagem por peças que virão dos gargalos [39].

Se o tamanho dos lotes for reduzido pela metade, também se reduzirá pela metade o tempo necessário para processar um lote. Isso implica que reduzindo o tempo de fila e o tempo de espera pela metade, reduz-se pela metade o tempo das peças na fábrica. Com menos tempo parado em filas e espera, a velocidade do fluxo das peças aumenta no sistema, com isso o "lead time" ao cliente diminui, além disso, a variedade aumenta, o que é uma grande vantagem competitiva. Obviamente, com menos tempos improdutivo perdidos em fila e espera, isto implica num aumento da flexibilidade operacional do sistema.

3.5 - Proposta do modelo de análise

Foram discutidas e analisadas no capítulo II, as alterações ocorridas no mercado consumidor ao longo das últimas décadas e as influências de tais alterações nas características dos sistemas de manufatura, que surgiram ao longo da história da produção mundial e as suas respectivas diferenças. Foram ainda abordados neste capítulo os diferentes tipos de "lay-out's" de produção idealizados e a suas relações com os sistemas de manufaturas existentes. No presente capítulo, foram definidos os índices de produtividade e flexibilidade operacional dos equipamentos e suas correlações através do índice de saturação de curto prazo. A influência do fator qualidade no processo produtivo também foi citada.

Tendo em vista as definições citadas anteriormente sobre flexibilidade operacional de equipamento e levando-se em conta a análise de gargalos de produção, têm-se que a flexibilidade operacional de uma linha ou célula de manufatura independentemente de qual tipo de sistema de produção esta se enquadre (ARTESANAL, MASSA OU ESBELTA), é dada pelo menor valor de flexibilidade operacional dos equipamentos da linha ou célula, ou seja, pela flexibilidade da máquina gargalo.

Assim sendo, e partindo-se da pressuposição de que os sistemas de manufatura que tendem para características de produção esbelta devam ter melhor flexibilidade operacional, de modo a atender uma quantidade maior de itens com a mesma instalação de manufatura flexível, a proposta de modelo será:

1-) Avaliar a flexibilidade operacional em diversas instalações de manufatura com características de produção em massa e esbelta.

A flexibilidade operacional analisada será a do gargalo do sistema de manufatura considerado.

2-) Avaliar a produtividade correspondente ao sistema de manufatura em análise.

3-) A saturação de curto prazo do equipamento gargalo será também um parâmetro de análise, dada a relação da flexibilidade e produtividade com a saturação.

Em função destas análises, determinar a influência da flexibilidade tecnológica levando-se em conta o nível de automação rígida ou flexível.

Para tanto, foram escolhidas duas empresas da região de Campinas (SP) com o intuito de testar o modelo sobre condições reais; uma delas possuindo linhas de produtos com lay-out's e características que tendem a um SISTEMA DE PRODUÇÃO EM MASSA, e outra, tendendo a um SISTEMA DE PRODUÇÃO ESBELTA. Uma vez realizada a escolha das empresas e das linhas de produtos, foram coletados dados de máquinas das linhas de produção em ambas as empresas, e posteriormente foram calculados os índices de produtividade, saturação de curto prazo e flexibilidade operacional. A partir destes resultados, auxiliados pelo modelo proposto, os "gargalos de produção" dos dois sistemas foram identificados. Posteriormente, foi avaliado qual sistema de produção está mais adaptado as condições impostas pelo mercado, levando-se em conta também o fator qualidade.

CAPÍTULO 4 (APLICAÇÃO DO MODELO)

4.1 - Introdução

Os dados foram coletados em duas empresas com características de manufatura bem distintas entre si. A primeira situada na região de Campinas e pertencente ao ramo de bens de consumo de utilidades domésticas, cujas características intrínsecas de sua produção, aproximam-se de um Sistema de Produção em Massa (SPM). Nesta empresa foram coletados dados em três linhas de produção. A segunda empresa, situada na região de Valinhos e pertencente ao ramo metal-mecânico de bens de consumo duráveis, cujas características intrínsecas de sua produção, buscam um Sistema de Produção Esbelta (SPE). Nesta empresa foram coletados dados em duas células de produção com características de automação flexível distintas.

Nesta fase de levantamento de dados, foram seguidas as seguintes etapas:

1) Visitas às fábricas visando a escolha das linhas de produtos a serem objeto de estudo, tendo-se em mente a escolha de bens similares que fossem fabricados em ambas as empresas, e que se enquadrassem nos dois casos a seguir:

Caso 1: Onde os produtos e processos se enquadram no tipo de sistema produtivo da respectiva empresa, possibilitando uma razoável confrontação entre *sistema de produção em massa (Estator e Rotor de motores elétricos para máquinas de costura)* versus *sistema de produção esbelta (Carcaças de transmissão de caminhões)*.

Caso 2: Cujo o nível de similaridade de produto e processo fosse o mais próximo possível, levando-se em conta as devidas diferenças tecnológicas entre o sistema de produção em massa (Eixo de máquina de costura) e o sistema de produção esbelta (Eixos de transmissões e engrenagens de carretel).

2) Levantamento dos principais dados referentes aos produtos escolhidos como objeto de estudo (incluindo descrições, função no conjunto, códigos de produtos, croqui, tempos padrões, etc.)

3) Levantamento dos principais dados referentes a linha ou célula de produção dos respectivos produtos (códigos das máquinas, descrições, funções na linha, "lay-out", fluxos, etc.)

4) Medição dos tempos disponíveis (t_d), tempos improdutivos (t_i), tempos de "set-up" (t_s), através de cronometragem e das quantidades produzidas (m) em cada máquina, via relatório de produção diário.

5) Execução dos cálculos de tempo trabalhado (t_t), saturação (s), flexibilidade operacional (f_o), e produtividade (p), através das equações descritas no capítulo III, para cada máquina da linha ou célula.

6) Execução das médias dos cálculos no universo de amostragem (três dias de coleta de dados para cada máquina da linha ou célula de produção).

7) Após a realização destas médias, detectou-se os gargalos de produção de cada planta seguindo-se o modelo estipulado no capítulo III. A partir deste ponto analisou-se os resultados, comparando um sistema em relação ao outro.

4.2 - Sistema com característica de produção em massa

Localizada na rodovia Santos Dumont, Km 68, no município de Campinas - SP, a empresa tem como principais produtos, a fabricação de máquinas de costura convencionais para o mercado em geral e as chamadas máquinas de costura industriais, para o mercado institucional (grandes indústrias do ramo têxtil).

O perfil "geral" da empresa caracteriza-se por:

- Máquinas ferramentas e operatrizes com baixo grau de automação (universais e semi-automáticas).

Nesta empresa, de acordo com a descrição dada ao caso 1, têm-se:

- "Lay-out's" de manufatura tradicionais (linha de produção).

A empresa, devido às características do seus produtos e de mercado, apresentam várias características de produção em massa, tanto a nível de chão de fábrica quanto organizacional.

4.2.1 - Estator do motor

4.2.1.1 - Definição da peça (função)

Conjunto de placas rebitadas e bobinadas com fios de cobre nas mais variadas espessuras e número de voltas, cuja a finalidade é criar campo de indução a base de corrente elétrica para atuar magnéticamente sobre o rotor do motor, fazendo-o transformar força elétrica em força motriz.

4.2.1.2 - Croqui da peça (Ver anexo 1)

4.2.1.3 - Código de peças

Todos os códigos de estatores relatados na tabela 4.1, apresentam o grupo 604 como pré-número.

Tabela 4.1 - Características de Estatores

Código da peça	Espessura do fio (AWG)	Quantidade espiras	Tamanho do Pacot		(Cor)	Obs.:
			Menor	Maior		
470/903	-----	-----	-----	x	-----	Pré-pacote
470/908	-----	-----	x	-----	-----	Pré-pacote
300/915	29	290	-----	X	Preto	-----
300/917	32	613	-----	X	Br/Azul	-----
300/934	29	268	-----	X	Azul	End field
300/936	29	265	X	-----	Amarelo	-----
300/939	32	550	X	-----	Branco	-----

4.2.1.4 - Tempos padrões

As listagens de tempos padrões fornecidas pelo departamento de engenharia, referentes aos códigos de estatores e pré-pacotes citados na tabela 4.1, apresentavam o inconveniente de estarem definidas para horas por cem peças produzidas. Portanto, foi necessário fazer algumas conversões para obter-se o valor do tempo padrão em segundos para uma peça.

Ao final dos cálculos, foi necessário multiplicar o tempo padrão obtido por um fator de correção, com o objetivo de descontar do tempo padrão as seguintes perdas de tempos:

- * 5% ---> Pessoal (banheiro, fumar, etc)
- * 5% ---> Limpeza (de máquina, de área, etc)
- * 5% ---> Atrasos inevitáveis

[Tempo padrão calculado X 0,85 = Tempo padrão efetivo]

Os resultados, encontram-se na tabela 4.2

Tabela 4.2 - Tempos padrões por operação por código de Estatores

Código da peça	OPERAÇÃO		
	Montagem de pacote (segundo)	Rebitagem (segundo)	Bobinamento (segundo)
604.470 - 903	6.12	5.20	-----
604.470 - 908	6.12	5.20	-----
604.300 - 915	-----	-----	30.60
604.300 - 917	-----	-----	55.08
604.300 - 934	-----	-----	31.52
604.300 - 936	-----	-----	31.52
604.300 - 939	-----	-----	53.55

4.2.1.5 - Descrição da linha

CÓDIGO E DESCRIÇÃO DA MÁQUINA	FUNÇÃO NA LINHA
RES01 e RES02 (Separadora Singer)	Separa pacotes de laminas nas quantidades pré- determinadas (25 ou 30) de acordo com forma
SDB11455 e SDB 17213 (Remachadora Singer)	Prensa os rebites colocados nas laminas dando união ao pacote
SDB11268 (Cortadora Globe)	Corta o papel isolante que será introduzido n pacote de laminas
RES03 (Operador)	Introduz papel dobrado
SDB11891, SDB15872, SDB17290, e SDB21394 (Bobinadeira Globe/ Singer)	Bobina fio de cobre por dentro do pacote de laminas
Inexistente	Colocação de Fita adesiva nas bobinas do estator
Inexistente	Banho do pallet no verniz isolante e espera na prateleira para escoamento do excesso
SDB19829 (Stufa Tectermo)	Secagem dos pallet's com estatores após banho de verniz
Inexistente	Espera dos pallet's nos cabides para resfriamento

SDB60716 (Furadeira Singer)	Desobstrução do excesso de verniz do furo d estator
SDB60777 (Teste Singer)	Teste 1: Contacta polos (+) e (-) do estator, a luz do teste deverá ascender
Inexistente	Teste 2: Contacta um polo do estator e a carcaça do mesmo, a luz não deverá ascender
RES15 (Operador)	Identificação do estator

4.2.1.6 - "Lay-out" da linha (Ver anexo 2)

4.2.1.7 - Dados coletados (Ver anexo 3)

4.2.1.8 - Dados calculados (Ver anexo 4)

4.2.2 - Rotor do motor

4.2.2.1 - Definição da peça (função)

Conjunto de placas e isolantes preso por eixo, no qual são bobinados fios de cobres nas mais variadas espessuras e número de voltas, a partir do qual sob ação do campo de indução do estator, gira em torno de seu eixo, gerando força motriz necessária para o funcionamento da máquina de costura.

4.2.2.2 - Croqui da peça (Ver anexo 5)

4.2.2.3 - Código de peças

Os códigos de rotores relatados a seguir, que não apresentam dados na coluna espessura do fio, possuem como pré-número o grupo 605, pois se tratam de conjuntos ainda não montados, ou seja, não foram bobinados com fio de cobre. Todos os demais códigos de rotores, apresentam o número 603 como pré-número, pois já foram bobinados com fio de cobre, conforme pode ser observado na tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Características de rotores

Código da peça	Espess. do fio (AWG)	Quant. d espiras	Tamanho		Eixo longo (WZC)	tipo curto (GAC)	Cor	Voltage (W)
			Menor	Maior				
773/901	-----	-----	-----	x	x	---	---	-----
773/903	-----	-----	-----	x	---	x	---	-----
773/913	-----	-----	x	-----	x	---	---	-----
892/909	36	138	-----	x	x	---	Br/Az	240
892/933	34	64	-----	x	---	x	Azul	120
892/934	36	125	-----	x	---	x	Verm.	220/240
892/935	33	60	x	-----	x	---	Amar.	120
892/936	36	114	x	-----	x	---	Verde	220
892/938	36	125	x	-----	---	x	Branc	220
068/902	34	70	-----	x	x	---	Az/Ver	120

4.2.2.4 - Tempos padrões

Os mesmos problemas encontrados com os tempos padrões fornecidos pela engenharia para os estatores descritos no item 4.2.1.4, também foram encontrados no cálculo dos rotores. Os resultados são mostrados na tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Tempos padrões por operação por códigos de Rotores

Código da peça	OPERAÇÃO		
	Montagem e Rebitage (Pacote + Eixo) (seg.)	Bobinamento (segundo)	Impregnação (segundo)
605.773 - 901	15.91	-----	-----
605.773 - 903	15.91	-----	-----
605.773 - 913	15.91	-----	-----
603.892 - 909	-----	98.53 seg	-----
603.892 - 933	-----	53.75 seg	8.10 seg
603.892 - 934	-----	89.35 seg	-----
603.892 - 935	-----	48.24 seg	6.87 seg
603.892 - 936	-----	84.76 seg	8.10 seg
603.892 - 938	-----	89.35 seg	8.10 seg
NP1.068 - 902	-----	56.24 seg	8.80 seg

4.2.2.5 - Descrição da linha

CÓDIGO E DESCRIÇÃO DA MÁQUINA	FUNÇÃO NA LINHA
SDB11479 e SDB18062 (Prensa de rotor Globe)	Prensa pacote de lâminas mais disco terminal branco com eixo, rebitando-o
SDB19818 e SDB20473 (Isoladeira Statomat)	Introduz papelote isolante no conjunto (isolação)
SDB19295, SDB15873, SDB17291, SDB19649, SDB20472, SDB20607, SDB21945 e SDB-s/número (Bobinadeira Globe e Singer)	Executa o bobinamento do fio de cobre rotor
SDB10668, SDB20069 e SDB s/número (Soldadeira Joyal e Wiltronic)	Soldagem do coletor
RES17 (Teste Singer)	Teste de isolamento. Operador deverá colocar pólos na carcaça e no eixo; não poderá ocorrer passagem de corrente
SDB11469 (Impregadora camberley)	Equipamento de impregação e secagem d rotores com o uso de resinas poliesteres (isolantes)
SDB16607 e SDB19607 (Torno Globe e Spider)	Usinagem do coletor
SDB09867, SDB07882, SDB15846 e SDB18042 (Balanceadora Schenck)	Balanceamento do rotor
SDB11098 e SDB17682 (Teste Slaughter e Singer)	Execução de testes múltiplos de corrente e isolamento

4.2.2.6 - "Lay-out" da linha (Ver anexo 2)

4.2.2.7 - Dados coletados (Ver anexo 6)

4.2.2.8 - Dados coletados (Ver anexo 7)

4.2.3 - Eixo de máquina

4.2.3.1 - Definição da peça (função)

Eixo de aço usinado com biela acoplada, cuja finalidade principal é a transmissão da força motriz do conjunto motor mais correia, para os mecanismos de acionamento da agulha de costura.

4.2.3.2 - Croqui da peça (Ver anexo 8)

4.2.3.3 - Código de peças

Tabela 4.5 - Características de Eixos de máquina

Código da peça	núm.de rasgos $\Delta(s)$	número de rebaixos no corpo	possui furo no rebaixo	Possui rasgo Δ na ponta	Possui rosca sem fim	Pré - montagem
445.776/SMB	----	----	----	----	Não	Eixo
445.776/900	----	----	----	----	Não	Eixo
531.683/900	----	----	----	----	Sim	Eixo
531.684/000	1	2	Sim	Não	Sim	----
531.657/000	2	2	Sim	Não	Sim	----

4.2.3.4 - Tempos padrões

Após os cálculos de conversão, observou-se na coleta de dados que alguns equipamentos, apesar de idênticos na função, apresentavam tempos padrões diferentes devido a diferença tecnológica. Isto foi considerado, nos cálculos.

Tabela 4.6 - Tempos padrões por operação por códigos de Eixo de máquina

Operação	CÓDIGO DE PEÇ				
	776/SMB (segundos)	776/900 (segundos)	683/900 (segundos)	684/000 (segundos)	657/000 (segundos)
Corte eixo	10	----	----	----	----
Retificação	----	7	----	----	----
Fresamento Rosca s/fim	----	----	22	----	----
Retificação	----	----	6	----	----
Furação	----	----	----	6	----
Frezamento (Rasgos Δ)	----	----	----	10	28
Frezamento (rebaixo)	----	----	----	6	6

4.2.3.5 - Descrição da linha

CÓDIGO E DESCRIÇÃO DA MÁQUINA

SDB5608 e SDB21035
(Torno aut. Traub A-15)

FUNÇÃO NA LINHA

Corta e chanfra as barras de (3) três metros de aço chumbaloy(12L14), em eixo de 269,56 mm

SDB7564
(Retifica Gueringuelli)

Retifica (desbasta) os eixos cortados anteriormente

SDB7552, SDB9640 e SDB21171
(Fresadora Linsinger)

Fresa uma rosca sem fim no meio do eixo

SDB10079
(Retifica Gueringuelli)

Retifica (acabamento) os eixos fresados anteriormente

SDB4531 e SDB15285 (Furadeira Mello)	Introduz sob pressão o eixo no diâmetro d biela e fura ambas as peças
SDB10037 (Contrapimadeira Nicholls)	Introduz pino de pressão nos furos ajustados do eixo e biela
SDB1546, SDB6125 e SDB6392 (Frezadoras Nicholls e Fritz-Werner)	Fresamento dos rasgos triangulares no corp do eixo
SDB8072 e SDB17227 (Frezadoras Adcock-Shirley e Thyssen)	Fresamento dos rebaixos do início e fi do eixo em relação ao furo de referênci da biela
SDB7418 (Furadeira Mello)	Furo no rebaixo
SDB6824 (Ponto de inspeção)	Inspeção 100%

4.2.3.6 - "Lay-out" da linha (Ver anexo 9)

4.2.3.7 - Dados coletados (Ver anexo 10)

4.2.3.8 - Dados calculados (Ver anexo 11)

4.3 - Sistema com característica de produção esbelta

Situada na via Anhangüera, Km 84, no município de Valinhos - SP, a empresa tem como principal produto, a fabricação de transmissões automotivas utilizadas no segmento de veículos de passeio e de carga, bem como para veículos pesados, também denominados "off-road".

O perfil "geral" da empresa caracteriza-se por:

- Máquinas ferramentas com distintos graus de automação (universais, semi-automáticas, automáticas, CNC, etc.).

- "Lay-out's" de manufatura em diferentes níveis de arranjos (convencionais, células de manufatura, sistemas flexíveis de manufatura).

A empresa, devido às características do mercado, têm-se adequado tanto a nível de chão de fábrica, quanto organizacional, a algumas características de produção esbelta.

4.3.1 - Carcaças de transmissões

4.3.1.1 - Definição da peça (função)

Peças fundidas prismáticas usinadas em processos de desbaste, acabamento e furação com a finalidade de carcaça de transmissão, também denominada carcaça de caixa de mudança.

4.3.1.2 - Croqui da peça (Ver anexo 12)

4.3.1.3 - Código de peças

Atualmente na célula Grob, onde são fabricadas as carcaças de transmissões, existem apenas três códigos de produto em processamento, no entanto foi estudado apenas um. Os três códigos caracterizam aproximadamente cem (100) Carcaças diferentes, com variações dimensionais.

Tabela 4.7 - Características de Carcaças de transmissões

Código da peça	Cor do sinal de identificação
3316-276	Azul

4.3.1.4 - Tempos padrões

Os tempos padrões fornecidos pelo departamento de engenharia, também tiveram que ser transformados de porcentagem (%) de hora para fazer uma peça, em segundos por peça. Os tempos totais, contando-se todas as operações realizadas com a Carcaça em pé e deitada em ambas as estações, estão relatadas na tabela 4.8:

Tabela 4.8 - Tempos padrões por operação por código de Carcaça

Máquina	TEMPO PADRÃO MÁQ.
CENTRO DE USINAGEM GROB	1544 seg
HEAD CHANGER	393 seg

4.3.1.5 - Descrição da linha

CÓDIGO E DESCRIÇÃO DA MÁQUINA

1809-3, 1810-0, 9052-0 e 9053-3
(Centro de usinagem Grob BZ-50)

OPERAÇÃO

OPERAÇÕES COM A CARÇAÇA DEITADA (FIXAÇÃO A)

- * Mandrilamento em desbaste da face traseira
- * Abertura do furo da trava do eixo da ré
- * Abertura dos diâmetros dos furos da ré, principal e contra-eixo
- * Mandrilamento em acabamento da face traseira
- * Giro do pallet com a carcaça
- * Mandrilamento em desbaste da face dianteira
- * Abertura do canal de trava do contra - eixo
- * Finalização do furo da ré
- * Usinagem da bolacha de ré
- * Abertura de dois furos em posição "W"
- * Rosqueamento dos dois furos anteriores
- * Mandrilamento em acabamento da face dianteira

CÓDIGO E DESCRIÇÃO DA MÁQUINA

1809-3, 1810-0, 9052-0 e 9053-3
(Centro de usinagem Grob BZ-50)

OPERAÇÃO**OPERAÇÕES COM A CARÇAÇA EM
PÉ (FIXAÇÃO B)**

- * Fresamento da face de cobertura
- * Fresamento de dois PTO (janela).
- * Abertura de dois furos da plaqueta de identificação
- * Abertura do bujão de enchimento e dreno
- * Rosqueamento do furo do bujão de enchimento e dreno
- * Fresamento das duas bolachas em posição "H"* Abertura de furo em duas bolachas "H".
- * Rosqueamento em três bolachas em posição "E"

CÓDIGO E DESCRIÇÃO DA MÁQUINA

9048-4
(Head changer Grob)

OPERAÇÃO**OPERAÇÕES COM A CARÇAÇA
DEITADA (FIXAÇÃO A)**

- * Furações da face dianteira
- * Furações da face traseira
- * Rosqueamento da face dianteira.
- * Rosqueamento da face traseira.

9048-4
(Head changer Grob)

**OPERAÇÕES COM A CARÇAÇA EM
PÉ (FIXAÇÃO B)**

- * Furações do PTO (janela) dos dois lados.
- * Furações da cobertura
- * Fresamento da bolacha de ré
- * Rosqueamento da cobertura
- * Rosqueamento do PTO (janela) dos dois lados.

4.3.1.6 - "Lay-out" da linha (Ver anexo 13)

4.3.1.7 - Dados coletados (Ver anexo 14)

4.3.1.8 - Dados calculados (Ver anexo 15)

4.3.2 - Eixo principal, engrenagem de carretel e eixo lateral

4.3.2.1 - Definição da peça (função)

A - Eixo principal: Como o próprio nome já diz, é o principal eixo do sistema de câmbio, onde se localizam a maior parte dos cubos de engate e/ ou anéis sincronizadores.

B - Eixo lateral: Só existente nos câmbios de tratores, tem a função de aumentar as faixas de marchas proporcionadas pelo Eixo principal. Aumentando estas de seis para oito ou doze marchas.

C - Engrenagem de carretel: Conjunto de engrenagens que faz par com as engrenagens do Eixo principal, e que em conjunto com o Eixo lateral e demais peças, formam o câmbio, propriamente dito.

4.3.2.2 - Croqui de peças

A - Eixo principal (Ver anexo 16)

B - Eixo lateral (Ver anexo 17)

C - Engrenagem de carretel (Ver anexo 18)

4.3.2.3 - Código de peças

Tabela 4.9 - Características de eixos de tratores

Código da Peça	Família E.Princ.	Família E.Later.	Família Carretel	Pinhão de diferenc.	Faz parte d célula
3313-949	-----	-----	-----	x	Não
3314-927	-----	x	-----	-----	Sim
3315-310	-----	-----	-----	x	Não
3316-580	x	-----	-----	-----	Sim
3316-614	-----	x	-----	-----	Sim
3316-833	-----	-----	-----	x	Não
3316-671	-----	-----	-----	x	Não
3316-942	-----	-----	x	-----	Sim
3317-417	-----	-----	-----	x	Não
3317-418	-----	-----	-----	x	Não
3317-847	-----	-----	x	-----	Sim
3341-701	-----	-----	x	-----	Sim
3341-702	-----	-----	x	-----	Sim

4.3.2.4 - Tempos padrões

Tabela 4.10 - Tempos padrões (em segundos) por operação por código de Eixo

OPERAÇÃO	CÓDIGO DE PEÇAS											
	13-949	14-927	16-580	16-614	16-671	16-833	16-942	17-417	17-418	17-847	41-701	41-702
T. A. Fay			83				88			89		
F. Uma	43					38		34	41			
T. C. GF			151									
T.CN Inde												152
L. Shaper							296					
F. Shaper												169
B. Colman											300	580
S. R. Ring		121		110								
R. Norton		488		451	413							

4.3.2.5 - Descrição da linha

CÓDIGO E DESCRIÇÃO DA MÁQUINA	FUNÇÃO NA LINHA
6279-1 (Torno revolver)	Furação e faceamento da engrenagem do carretel
7756-5 (Torno A. Fay)	Faceamento e chanfro dos dois lados do eixo principal e da engrenagem do carretel
5262-0 (Faceadora Uma)	Faceamento e chanfro dos dois lados do eixo principal e eixo lateral
7746-1 (Retifica Ext. Norton)	Retifica os diâmetros usinados do eixo de engrenagem do carretel, onde serão alocado rolamentos
1119-2 (Torno copiador G.F.)	Usinagem e acabamento dos diâmetros onde serão colocados os rolamentos e usinado as engrenagens de dezesseis dentes. Válido para eixo lateral, principal e engrenagem carretel
1799-4 (Torno CN Index GU1000)	Usinagem e acabamento dos diâmetros onde serão colocados os rolamentos usinados as engrenagens de trinta e cinco dentes. Válido para os eixos lateral, principal e engrenagem do carretel.
5209-7 E 5213-1 (Fresadora Fellows S. 7A)	Usina e faz acabamento dos trinta e quatro dentes da engrenagem sincronizada do eixo lateral.

1163-4 (Fresadora Lorenz S. LS-400)	Realiza a usinagem da engrenagem de dezoito dentes do eixo lateral e da engrenagem de vinte dentes da peça "engrenagem do carretel"
5172-9 (Fresadora Fellows S. 7A)	Usina e faz acabamento dos dezesseis dentes da engrenagem sincronizada da peça "engrenagem do carretel"
5145-6 (Fresadora Fellows S. 7A)	Usina e faz acabamento dos vinte e seis dentes do eixo principal
5146-9 (Fresadora Barber Colman)	Usina e faz acabamento das engrenagens eixo lateral com: <ul style="list-style-type: none"> - vinte e três dentes - trinta e três dentes - quinze dentes - quinze dentes
5102-1 (Fresadora Barber Colman)	Usina e faz acabamento das engrenagens do eixo principal com: <ul style="list-style-type: none"> - 22 (vinte e dois) dentes - 26 (vinte e seis) dentes - 21 (vinte e um) dentes - 16 (dezeis) dentes - 20 (vinte) dentes
(Fresadora Barber Colman)	Usina e faz acabamento das engrenagens trinta e cinco dentes, e da engrenagem de dezesseis dentes da peça "engrenagem do carretel"
9197-1 (Furadeira Bosch)	Desativada

1730-3
(Retifica Sup. Red Ring)

Faz acabamento dos dentes das engrenagens do "eixo lateral" com:

- dezoito dentes
- vinte e três dentes
- quinze dentes

Faz acabamento dos dentes das engrenagens do "eixo principal" com:

- dezesseis dentes
- vinte e um dentes

Faz acabamento dos dentes da peça "engrenagem do carretel" com:

- dezesseis dentes
- trinta e cinco dentes

1715-0
(Ret. Ext. Ang. Cincinnati CNC)

Retifica os cinco diâmetros internos do eixo lateral e principal.

4.3.2.6 - "Lay-out" da linha (Ver anexo 19)

4.3.2.7 - Dados coletados (Ver anexo 20)

4.3.2.8 - Dados calculados (Ver anexo 21)

4.4 - Resultados

Nos itens 4.2 e 4.3 deste capítulo, foram relatados em forma de tabelas, os dados coletados e calculados das máquinas das linhas ou células de produção de cada sistema escolhido. Foram calculados os valores de " f_0 ", " S_c " e " p ", a partir das fórmulas [4], [7] e [6], respectivamente. A partir deste ponto, foram realizadas médias para uma melhor apuração dos dados levantados. Os resultados encontrados e as conclusões estão relatados a seguir.

4.4.1 - Caso 1

Foram confrontados produtos e lay-out's cujas características tendem a um Sistema de Produção em Massa (Linha de Estatores e Rotores) versus produtos e lay-out's cujas características tendem a um Sistema de Produção Esbelta (Célula de Carcaças de transmissão), para se analisar um sistema em relação ao outro.

As linhas de produção de Estatores e Rotores, apresentaram as médias registradas nas tabelas 4.11 e 4.12, respectivamente.

Tabela 4.11 - Média dos cálculos da linha do Estator

LINHA ESTATOR DO MOTOR				
CÓDIGO	MÁQUINA	S _c	f _o	p
RES 01	SEPARADORA SINGER	0.92	0.70	0.65
RES 02	SEPARADORA SINGER	0.95	0.84	0.80
SDB 17213	REMACHADORA SINGER	0.91	0.74	0.67
SDB 11455	REMACHADORA SINGER	0.89	0.62	0.55
SDB 15872	BOBINADEIRA GLOBE	0.96	0.81	0.78
SDB 17290	BOBINADEIRA GLOBE	0.94	0.75	0.70
SDB 11891	BOBINADEIRA GLOBE	0.97	0.84	0.81
SDB 21394	BOBINADEIRA SINGER	0.95	0.76	0.72

Tabela 4.12 - Média dos cálculos da linha do Rotor

LINHA ROTOR DO MOTOR				
CÓDIGO	MÁQUINA	S _c	f _o	p
SDB 18062	PRENSA ROTOR GLOBE	0.96	0.84	0.82
SDB 11479	PRENSA ROTOR GLOBE	0.96	0.80	0.76
SDB 19295	BOBINADEIRA GLOBE	0.95	0.81	0.77
SDB	BOBINADEIRA GLOBE	0.97	0.90	0.88
SDB 20472	BOBINADEIRA GLOBE	0.97	0.81	0.78
SDB 21945	BOBINADEIRA GLOBE	0.96	0.82	0.79
SDB 19649	BOBINADEIRA GLOBE	0.94	0.78	0.74
SDB 15873	BOBINADEIRA GLOBE	0.92	0.69	0.64
SDB 17291	BOBINADEIRA GLOBE	0.97	0.87	0.84
SDB 20607	BOBINADEIRA SINGER	0.95	0.80	0.77
SDB 11469	EMPREGEN. CAMBERLEY	0.97	0.71	0.69

A célula de produção de Carcaças de transmissão, apresentou as médias registradas na tabela 4.13.

Tabela 4.13 - Média dos cálculos da célula Grob (Carcaça de transmissão)

CÉLULA FLEXÍVEL DE MANUFATURA - GROB (CARCAÇA DE CAMBIO)				
CÓDIGO	MÁQUINA	S_c	f_o	p
1809-3	CENTRO DE USINAGEM	0.79	0.79	0.62
1810-0	CENTRO DE USINAGEM	0.84	0.83	0.69
9052-0	CENTRO DE USINAGEM	0.87	0.82	0.71
9053-3	CENTRO DE USINAGEM	0.81	0.83	0.66
9048-4	HEAD CHANGER	0.84	0.81	0.69

Realizando-se médias para cada tipo de equipamento, nos resultados apresentados nas tabelas 4.11, 4.12 e 4.13, tem-se:

LINHA DO ESTATOR			
MÁQUINA	S_c	f_o	p
SEPARADORA	0.94	0.77	0.73
REMACHADORA	0.90	0.68	0.61
BOBINADEIRA	0.96	0.79	0.75

LINHA DO ROTOR			
MÁQUINA	S_c	f_o	p
PRENSA	0.96	0.82	0.79
BOBINADEIRA	0.95	0.81	0.78
EMPREGENADORA	0.97	0.71	0.69

CÉLULA GROB			
MÁQUINA	S_c	f_o	p
CENTRO DE USINAGEM	0.83	0.82	0.67
HEAD CHANGER	0.84	0.81	0.69

Os gargalos de produção foram apontados pelos chefes de linha ou encarregados de célula, baseado em suas experiências profissionais, como sendo a Empregnadora na linha de Rotor e o "Head Changer" na célula da Grob (Carcaças), como é facilmente identificado através dos valores de flexibilidade operacional calculados.

No entanto, a Bobinadeira foi a apontada na linha dos Estatores, pelos mesmos responsáveis, como sendo o gargalo de produção, não batendo com o calculado, o qual indica a Remachadora como sendo o gargalo. Tal fato se deve ao elevado tempo parado da Remachadora, que pode ser constatado no baixo grau de saturação (0,90) e produtividade (0,61) do equipamento.

Pode-se notar claramente, que o gargalo da célula Grob ("Head Changer") da Célula Flexível de Manufatura, apresentou um valor de flexibilidade operacional (0.81), superior aos gargalos das linhas de produção de Estatores e Rotores (Bobinadeiras e Empregnadora) do Sistema de Produção em Massa, que apresentaram os valores 0.79 e 0.71 respectivamente, o que nos leva a crer que a solução da célula flexível está mais adaptada a atuais flutuações de mercado, aproximando-se das premissas da Produção Esbelta do que o Sistema de Produção em Massa. No entanto, a diferença não foi tão significativa como esperado, pois a célula Grob apresentou diversas paradas (t_j) como por exemplo, quebra de brocas, falhas de sensor, etc, que devido a suporte técnico (f_s) lento, prejudicou o resultados globais da célula. Este fato pode ser facilmente observado pelo baixo índice de produtividade (0.69). Tal índice, poderia ser significativamente maior, se se aplicasse à célula flexível uma das premissas da Produção Esbelta, que é a Manutenção Preventiva Total (MPT).

Pode se observar também, que os resultados de Produtividade (p) das máquinas das linhas de produção de Estatores e Rotores são superiores aos da célula Grob, o que caracteriza bem um sistema de produção em massa contra o sistema em lote, característico do sistema em estudo.

Durante o período de coleta de dados, não foram levantadas informações quanto aos índices de refugo e reprocesso das linhas ou células de produção estudadas. No entanto, é fato constatado "in loco", que devido ao elevado grau de automação flexível da célula Grob, onde o operador somente interfere carregando e descarregando a carcaça no fixador do pallet, a incidência de peças rejeitadas durante a coleta de dados foi de

apenas uma carcaça, devido a falhas de sensor. Tal situação favorece a produtividade da mesma, que só não foi maior devido a quebras do equipamento e a falta de melhor atendimento da manutenção.

O mesmo não se pode afirmar das linhas de produção de Rotores e Estatores, no qual pode-se observar um alto índice de reprocesso, verificado em alguns casos através de operadoras de bobinadeiras operando somente com caixas de reprocesso (caixas de processo carregadas com produtos a serem reprocessados), tal fato obviamente prejudica a produtividade e interfere na flexibilidade do sistema.

4.4.2 - Caso 2

Foram confrontados peças e roteiros de produção, em ambos os sistemas, cuja função técnica da peça e a forma de produção fossem o mais semelhante possível, ou seja, Eixos de transmissão produzidos em "lay-out's" celulares, facilitando-se desta forma, uma comparação entre os sistemas de produção a partir de "bases semelhantes".

A linha de produção de Eixos de máquina de costura, em forma de "U", encontrada no Sistema de Produção em Massa, apresentou as médias registradas na tabela 4.14.

Tabela 4.14 - Média dos cálculos da linha de Eixos de máquina

LINHA EIXO DE MÁQUINA				
CÓDIGO	MÁQUINA	S_c	f_o	P
SDB 21035	TORNO TRAUB A-15	0.91	0.64	0.59
SDB 5608	TORNO CAMPORESI A-15	0.92	0.65	0.59
SDB 7564	RETIFIC.GUERINGUELLI	0.97	0.86	0.84
SDB 7552	FRESADORA LINSINGER	---	---	---
SDB 9640	FRESADORA LINSINGER	0.99	0.89	0.88
SDB 21171	FRESADORA LINSINGER	0.98	0.86	0.84
SDB 10079	RETIFIC.GUERINGUELLI	0.96	0.78	0.75
SDB 15285	FURADEIRA MELLO	0.83	0.50	0.42
SDB 4531	FURADEIRA MELLO	0.82	0.50	0.41
SDB 6125	FREZAD. FRITZ-WERNER	0.90	0.65	0.59
SDB 1546	FREZADORA NICHOLLS	0.72	0.39	0.28
SDB 6392	FREZAD. FRITZ-WERNER	0.84	0.52	0.43
SDB 17227	FREZADORA THYSSEN	0.84	0.53	0.45
SDB 8078	FREZ. ADCOCK-SHIRLEY	0.75	0.41	0.30

A célula de produção de Eixos de transmissão de tratores, escolhida no Sistema de Produção Esbelta, apresentou as médias registradas na tabela 4.15.

Tabela 4.15 - Média dos cálculos da célula "B" (Eixos de trator)

CÉLULA B - COMPONENTES AGRÍCOLAS (EIXO LATERAL, EIXO PRINCIPAL E ENGRENAGEM DE CARRETEL)				
CÓDIGO	MÁQUINA	S_c	f₀	p
6279-1	TORNO REVOLVER	---	---	---
7756-5	TORNO A. FAY	0.91	0.62	0.57
5262-0	FACEADORA UMA	0.77	0.42	0.33
7746-1	RETIFICA EXT. NORTON	---	---	---
1119-2	TORNO COPIADOR G.F.	0.89	0.46	0.41
1799-4	TORNO CN INDEX GU1000	0.85	0.55	0.46
5209-7	FELLOWS SHAPER 7A	---	---	---
5213-3	FELLOWS SHAPER 7A	---	---	---
1163-4	LORENZ SHAPER 7A	0.92	0.70	0.64
5172-9	FELLOWS SHAPER 7A	0.77	0.38	0.30
5145-6	BARBER COLMAN	0.99	0.77	0.76
5146-9	BARBER COLMAN	0.94	0.75	0.71
5102-1	BARBER COLMAN	0.89	0.74	0.68
1730-3	SHAVER RED RING	0.89	0.55	0.49
1715-0	RETIFICA EXT. NORTON	0.90	0.54	0.49

Realizando-se uma média por tipo de equipamento, nos resultados apresentados nas tabelas 4.14 e 4.15, tem-se:

LINHA DE EIXOS DE MÁQUINA			
MÁQUINA	S_c	f₀	p
TORNO TRAUB	0.91	0.64	0.59
TORNO CAMPARESI	0.92	0.65	0.59
RETIFICAS GUERINGUELLI	0.97	0.82	0.80
FRESADORA LINSINGER	0.99	0.88	0.86
FURADEIRA MELLO	0.83	0.50	0.42
FREZADORA WERNER/ NICHOLLS	0.82	0.52	0.43
FREZADORA THYSSEN/ SHIRLEY	0.80	0.47	0.38

CÉLULA DE EIXOS DE TRATOR			
MÁQUINA	S_c	f_o	p
TORNO A. FAY	0.91	0.62	0.57
FACEADORA UMA	0.77	0.42	0.33
TORNO COPIADOR GF	0.89	0.46	0.41
TORNO CN INDEX GU1000	0.85	0.55	0.46
FELLOWS SHAPER 7A	0.77	0.38	0.30
LORENZ SHAPER 7A	0.92	0.70	0.64
BARBER COLMAN	0.94	0.75	0.72
SHAVER RED RING	0.89	0.55	0.49
RETIF. EXT. NORTON	0.90	0.54	0.49

Os gargalos de produção foram apontados pelos chefes de linha ou encarregados de célula, como sendo as Frezadoras Thyssen/ Shirley da linha de Eixos de máquina de costura e o Torno CN Index GU 1000 na célula "B" (Eixos de trator).

No entanto, pode-se notar através dos resultados que a fresadora Fellows Shaper 7A foi a apontada na célula "B" como sendo o gargalo de produção, não coincidindo com o indicado (Torno CN INDEX GU1000). Tal fato se deve a quebra do cabeçote do Torno CN durante o segundo e o terceiro dia de coleta de dados, inviabilizando-a, o que provavelmente prejudicou o resultado da amostra, além disso, a máquina Fellows Shaper 7A apresentou diversos problemas elétricos e de ajuste do passe durante as operações, que pode ser constatado no baixo grau de saturação (0,77) e produtividade (0,30) do equipamento. Isto ajudou a tornar este equipamento um gargalo, durante a coleta de dados. Portanto, devido ao ocorrido relatado acima, a Fellows Shaper 7A foi escolhida como o gargalo da linha.

O gargalo da célula "B" (Fellows Shaper 7A) que tende a um sistema de produção esbelta, apresentou um valor de flexibilidade operacional (0.38) inferior aos gargalos das linhas de produção de Eixos de máquina (0.47) que tendem a um sistema de produção em massa, o que prova que o sistema de produção em células, neste caso, está menos adaptado a atuais flutuações de mercado do que o sistema de produção em massa.

Tal fato se deve, em parte, a equipamentos obsoletos na célula, ocasionando problemas diversos, como por exemplo, quebra de máquinas, falhas na parte elétrica dos equipamentos, falta de precisão, o que aliado ao alto índice de reprocesso e ao suporte técnico (f_s) não adequado, prejudicou o resultados globais da célula.

Pode se observar também, que os resultados de Produtividade (p) das máquinas da linha de produção de eixos de máquina de costura são superiores aos da célula "B", este resultado tende a comprovar que a linha de produção tem valores mais compatíveis ao sistema de produção em massa.

O aumento da saturação, e com consequência da produtividade da célula "B", com a inclusão de itens diferentes, atendendo à necessidade de aumento de diversificação, poderá ser efetivada através do aumento da flexibilidade operacional.

Devido ao número maior de variáveis envolvidas, os parâmetros de organização da produção esbelta (Manutenção Preventiva, análise da qualidade, etc) se tornam muito importantes nestes casos.

CAPÍTULO 5

(CONCLUSÕES)

O presente trabalho propôs a criação de um modelo de análise para comparação de arquiteturas de manufaturas em função da flexibilidade operacional, baseado na análise de gargalos e auxiliado por índices de produtividade e saturação de curto prazo.

Tal modelo foi testado em empresas metalúrgicas da região de Campinas e Valinhos, onde chegou-se às seguintes conclusões:

* A flexibilidade de um sistema produtivo depende em muito do tipo de arranjo físico, do grau de automação dos equipamentos e do suporte técnico fornecido aos mesmos. Tal fato pode claramente ser observado, no estudo do caso "1", quando notou-se que a célula Flexível Grob apresentou valores de flexibilidade superiores à linha de Estatores e Rotores do sistema de produção em massa, porém não muito superiores, devido à falta de melhor suporte técnico (manutenção).

* Equipamentos obsoletos e com manutenção deficientes, prejudicam a flexibilidade de um sistema produtivo como foi constatado no estudo do caso "2", onde a célula de produção de eixos de trator apresentou uma flexibilidade inferior a linha de eixos de máquina de costura, devido a elevada quebra de máquinas e ao alto índice de reprocesso observado.

* A produtividade de um sistema de produção em massa é superior ao sistema de produção esbelta; no entanto tal diferença no estudo do caso "1" não foi tão significativa a ponto de inverter a vantagem competitiva de mercado dada pela flexibilidade superior.

* Sistemas de manufatura que tendem a produção esbelta quando devidamente implantados apresentam resultados de Flexibilidade e Produtividade que se adequam as atuais condições de mercado (baixo custo unitário do produto, excelente qualidade e alta variedade de produtos). Vale ressaltar nesse caso que os outros parâmetros que caracterizam o sistema de produção esbelta têm que ser implementados, para melhorar os índices de flexibilidade operacional.

* O modelo proposto, baseado em análise de flexibilidade operacional, saturação de curto prazo e produtividade, apresentou-se adequado, quando analisado sob a ótica dos resultados obtidos no estudo dos caso "1" e "2".

* O fator qualidade não só representa um critério de desempenho junto ao mercado também tem uma alta influência na flexibilidade e produtividade do sistema, como foi constatado no estudo do caso "1", onde observou-se um elevado índice de reprocesso, prejudicando a produtividade e por consequência a flexibilidade das linhas de Estatores e Rotores. Tal fato não foi constatado na célula Grob devido ao elevado grau de automação dos equipamentos que garantem um controle de processo adequado.

Referências bibliográficas

- [1] Chiavenato, I.; "Introdução à teoria geral da administração"; Ed. Mcgraw-Hill; São Paulo; 3ª edição; 1983.
- [2] Bolwijn, P.T.; Boorsma, J.; Breukelen, O.H.V.; Brinkman S.; Kumpe T.; "Flexible manufacturing - Integrating technological and social innovation"; Ed. Elsevier Science Publishers B.V.; Vol. IV; 1ª edição; 1986.
- [3] Flexible manufacturing; "Changed Market Demands"; Cap. I; vol. IV
- [4] Agostinho, O.L.; "Estudo da Flexibilidade dos Sistemas Produtivos", 1989, Tese de Doutorado, EESC/USP.
- [5] Salerno M.S.; "Flexibilidade, organização e trabalho operatório: Elementos para análise da produção na indústria"; 1991; Tese de Doutorado; São Paulo/ USP.
- [6] Cantanhede C.; "Administração e gerência (do artesanato à automação)"; Ed. Fundação Getulio Vargas; Rio de Janeiro; 2ª edição; 1983.
- [7] Jones, D.T.; Roos, D.; Womack, J.P.; "A máquina que mudou o mundo"; Ed. Campus; Rio de Janeiro; 3ª edição; 1992.
- [8] Taylor, F.W.; "Princípios de Administração Científica"; Ed. Atlas; São Paulo; 7ª edição; 1978.
- [9] Ortsman O.; "Mudar o trabalho (As experiências, os métodos e as condições de experimentação social)"; Ed. Fundação Calouste Gulbenkian; Lisboa; 2ª edição; 1988.
- [10] Suh N. P.; "A CIM e outras inovações podem levar a mais competitividade"; fevereiro 1992; Máquinas e metais; Trad. de Norberto de Paula Lima.
- [11] Ratner H.; "Impactos sociais da automação (O caso do Japão)"; Ed. Nobel; São Paulo; 1ª edição; 1988.

[12] Dina A.; "A fábrica automática e a organização do trabalho"; Ed. Vozes Ltda/ (IBASE); Rio de Janeiro; 1987.

[13] Toledo, J.C.; Apostila "O que realmente significa qualidade do produto?", 1989; Departamento de Engenharia de Produção/ UFUSCar.

[14] Toledo, J.C.; Apostila "Custos da qualidade", 1988; Departamento de Engenharia de Produção/ UFUSCar.

[15] Starr M.K.; "Administração da produção - Sistemas e sínteses"; Ed. Edgard Blücher Ltda; 1964.

[16] Anthony R.N.; Reece J. S.; "Accounting: Text and cases"; Ed. Irwin; 1983.

[17] Wallace M.J.; Flynn P.J.; "Collins (Business English Dictionary); Ed. Collins (London and Glasgow); 1984.

[18] Fleischer G.A.; "Teoria da aplicação do capital, um estudo das decisões de investimento"; Ed. Edgard Blücher Ltda; Tradução de Santoro, M. C.; 1989.

[19] Swamidass, P.M.; Newell, W.T.; "Manufacturing strategy, environmental uncertainty and performance: A parth analytical model"; 1987; Management Science; Vol. 33, número 4; abril.

[20] Agostinho, O.L.; Lirani, J.; "Determination of qualitative indexes for measuring the flexibility of manufacturing systems"; 1988; 27th International Conference University of Manchester.

[21] Martins, S.S.; "Flexibile: Conceitos, aplicações e avaliações dos sistemas avançados de produção"; Faculdade de engenharia - UNESP/ Bauru; Dep. de engenharia de Produção.

[22] Son, Y.K.; "A framework for modern manufacturing economics"; Int. Journal of production research"; 1991; v. 29; número 12; p.2483-2499.

- [23] Nakagawa, M.; "Gestão estratégica de custos: Conceitos, sistemas e implementação JIT/ TQC"; São Paulo; Ed. Atlas S.A., 1991.
- [24] Son, Y.K.; Park, C. S.; "Economic measure of productivity, quality and flexibility in advanced manufacturing systems"; Journal of manufacturing Systems; 1991; V.6; número; p.193-206.
- [25] Burbidge, J.L.; "The introduction of group technology"; Ed. Willian Heinemann; p.267; 1975.
- [26] Tuffentsammer, K.; "The influence of NC Flexibility on the concept of group technology; 1983; Annals of the CIRP 32"; p.411-415.
- [27] Maestrelli, N.C.; "Influências da aplicação de tecnologia de grupo sobre a flexibilidade operacional dos sistemas produtivos"; 1991; Tese de Mestrado; EESC/ USP.
- [28] Batocchio, A.; "Um modelo de índice de automação relacionado à flexibilidade e a produtividade dos sistemas de manufatura"; Tese de Doutorado; 1993; Faculdade de Engenharia Mecânica/ UNICAMP.
- [29] Martins, R.A.; "Integração, flexibilidade e quantidade: Os caminhos para um novo paradigma produtivo; Tese de mestrado; 1993; Departamento de Engenharia de Produção (DEP)/ UFUSCar.
- [30] Buffa, E.S.; Sarin, R.K.; "Modern Production/ operations management"; Ed. John Wiley & Sons Inc.; University of California, Los Angeles; p.834; eighth edition; 1987.
- [31] Hayes, R.H.; Wheelwright, S.C.; Clark, K.B.; "Dynamic Manufacturing"; Ed. Free press; New York, p.429; 1988.
- [32] Ohno, T.; "Just-in-time For today and tomorrow Cambridge, Mass., Productivity press", 1988, p.145.
- [33] Skinner, W.; "Manufacturing - A Formidable competitive Weapon"; Ed. John Wiley & Sons Inc.; New York; p.330; 1985.

- [34] Gunn, T.; "Manufacturing for competitive advantage - becoming a world class manufacturer"; Ed. Ballinger Publishing Co.; New York; p.224; 1987.
- [35] Vieira, A.C.G.; "Manual de layout (Arranjo físico); Ed. do Departamento da média e pequena empresa; Rio de Janeiro; 1ª edição; 1983.
- [36] Leonard, R.; Koenigsberger, F.; "Conditions for the introduction of group technology. Proceedings of 13th international machine tool design and research conference"; p.125-129; 1972.
- [37] Burbidge, J.L.; "Planejamento e Controle Da Produção"; Ed. Atlas S.A.; 1988.
- [38] Novaski, O.; Santa, W. D.; "Aspectos gerais da tecnologia de grupo"; 1986; Centro de tecnologia; publicação número 10; UNICAMP.
- [39] Goldratt, M.; Cox, J.; "A meta (Administração dos gargalos de produção)"; Ed. IMAM: Planejamento e produtividade; São Paulo; 3ª edição; 1992.
- [40] Calarge, F.A.; "Um modelo de avaliação de estruturas de manufaturas enfocando atividades e valor agregado ao produto"; 1993; Tese de Mestrado; Faculdade de Engenharia Mecânica/ UNICAMP.
- [41] Moura, R.A.; Umeda A.; "Sistema Toyota de produção"; Ed. IMAM; São Paulo; 1ª edição; 1984.
- [42] Schlie, T.W.; Goldhar, J.D.; "Product variety and time based manufacturing and business management: Achieving competitive advantage through CIM"; 1989; American Society of Mechanical Engineers.
- [43] Corrêa, H.L.; "Flexibilidade estratégica na manufatura"; Tese de doutorado; 1990; Universidade de Warwick, Inglaterra.
- [44] Eversheim, W.; Brachtendorf, T. e Koch, L.F.; "Changes in the role of production management in the CIM" - Annals of the CIRP, Vol. 35; 1986; pag.(s) 505 - 512.

[45] Seddon, J.J.M.; Currie, W.L.; "Computer-aided dynamic preventive maintenance within the manufacturing environment"; Int. J. Prod. Res.; 1992, Vol. 30, número 11; pag. 2683 - 2696.

[46] Ewaldz, D.B.; "Flexible manufacturing systems: some fact, some fiction. Proceedings of the 5th international conference on FMS"; 1986; pag. 427 - 438.

[47] Agostinho, O.L.; Apostila "Sistemas de manufatura "; 1994; Laboratório de Máquinas-Ferramentas (LAMAFE); EESC/USP.

ANEXOS

(Anexo 1) - Croqui do Estator

(Anexo 2) - "Lay-out" da linha do Estator e Rotor

(Anexo 3) - Dados coletados da linha do Estator

(Anexo 4) - Dados calculados da linha do Estator

(Anexo 5) - Croqui do Rotor

(Anexo 6) - Dados coletados da linha do Rotor

(Anexo 7) - Dados calculados da linha do Rotor

(Anexo 8) - Croqui do Eixo de máquina

(Anexo 9) - "Lay-out" da linha do Eixo de máquina

(Anexo 10) - Dados coletados da linha do Eixo de máquina

(Anexo 11) - Dados calculados da linha do Eixo de máquina

(Anexo 12) - Croqui da Carcaça de transmissão

(Anexo 13) - "Lay-out" da Célula Grob (Carcaça de transmissão)

(Anexo 14) - Dados coletados da Célula Grob (Carcaça de trasmis.)

(Anexo 15) - Dados calculados da Célula Grob (Carcaça de trasm.)

(Anexo 16) - Croqui do Eixo principal

(Anexo 17) - Croqui do Eixo lateral

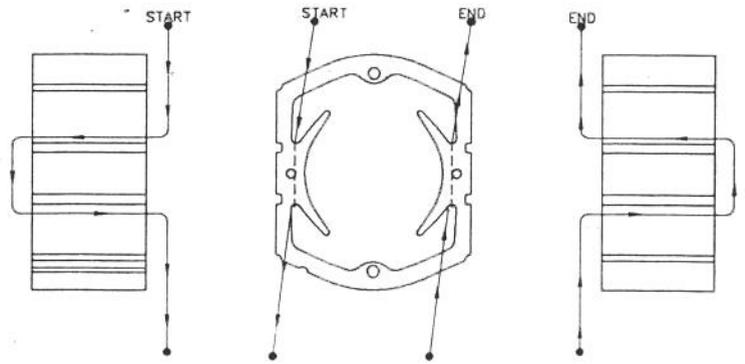
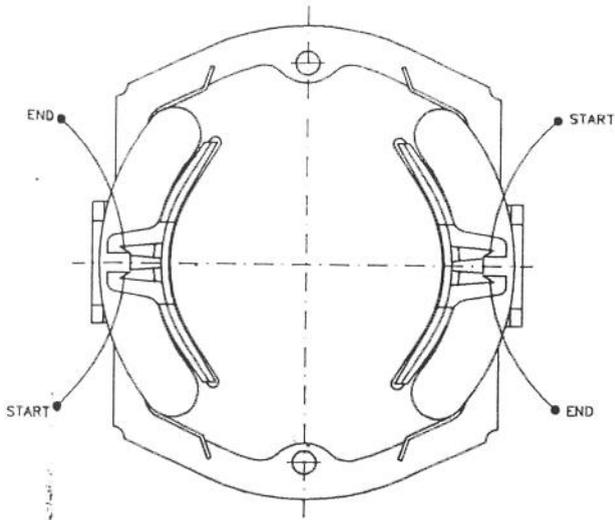
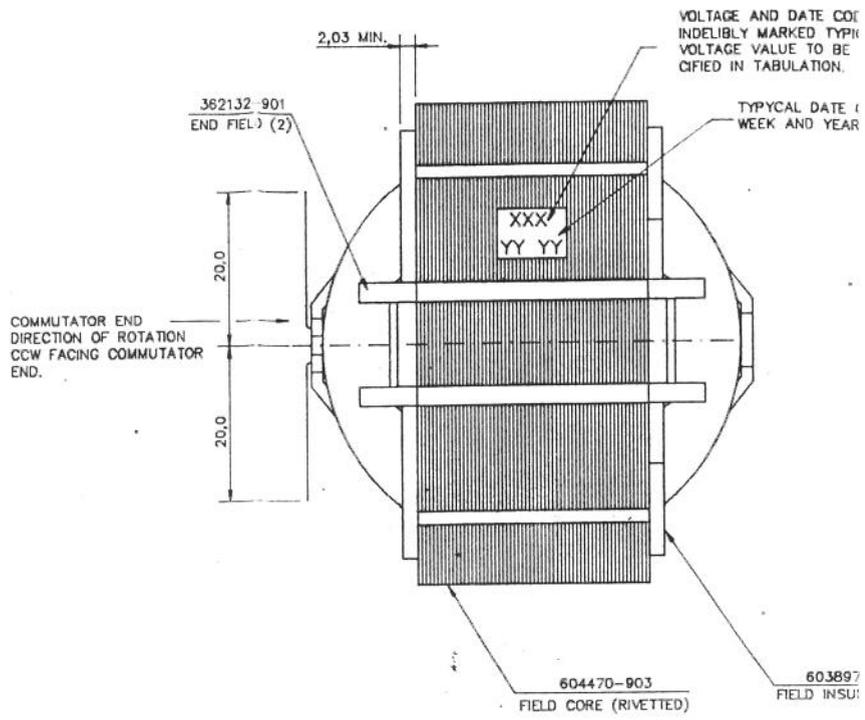
(Anexo 18) - Croqui da Engrenagem de carretel

(Anexo 19) - "Lay-out" da Célula "B" (Eixos de trator).

(Anexo 20) - Dados coletados da Célula "B" (Eixos de trator).

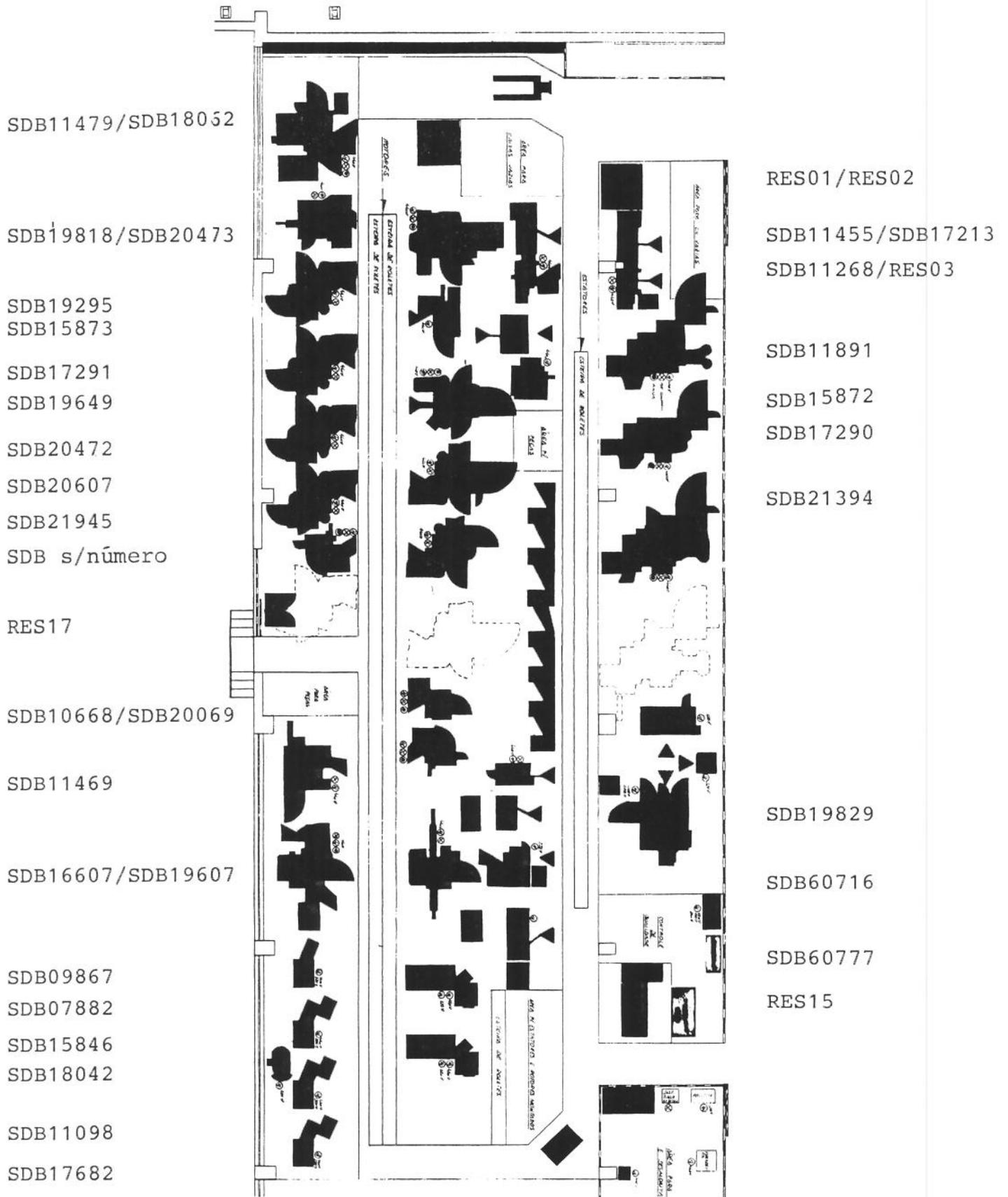
(Anexo 21) - Dados calculados da Célula "B" (Eixos de trator).

ANEXO 1 - CROQUI DO ESTATOR



FIELD CORE WINDING

ANEXO 2 - LAY-OUT DA LINHA DO ESTATOR E ROTOR



ANEXO 3 - DADOS COLETADOS DA LINHA DO ESTATOR

Código da máquina: RES02							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
02/08	604470 - 903	27900	2540	---	---	6.12	4040
03/08	604470 - 903	27900	6163	---	---	6.12	3300
04/08	604470 - 903	27900	4694	---	---	6.12	3600
Código da máquina: SDB17213							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
02/08	604470 - 903	27900	5514	---	---	5.20	4040
03/08	604470 - 903	27900	8592	---	---	5.20	3300
04/08	604470 - 903	27900	7344	---	---	5.20	3600
Código da máquina: SDB15872							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
02/08	604300 - 934	30600	5916	---	---	31.52	750
03/08	604300 - 934	1500	203	---	---	31.52	40
	604300 - 915	20700	3614	77	1	30.60	535
	604300 - 934	8400	1966	98	1	31.52	190
04/08	604300 - 934	30600	5648	---	---	31.52	760
Código da máquina: SDB17290							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
02/08	604300 - 934	30600	5969	---	---	31.52	748
03/08	604300 - 934	7500	1525	---	---	31.52	181
	604300 - 915	4500	870	94	1	30.60	110
	604300 - 934	18600	7001	102	1	31.52	325
04/08	604300 - 934	30600	8354	---	---	31.52	659
Código da máquina: SDB11891							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
02/08	604300 - 917	30600	1337	---	---	55.08	527
03/08	604300 - 917	2400	635	---	---	55.08	30
	604300 - 939	28200	684	1102	1	53.55	491
04/08	604300 - 939	27660	1435	---	---	53.55	485
	604300 - 917	2940	691	474	1	55.08	30

CONTINUAÇÃO DO ANEXO 3

Código da máquina: RES01							
DIA	PEÇA	t _d	t _i	t _s	Z	t _p	m
02/08	604470 - 908	11700	4119	---	---	6.12	1120
03/08	604470 - 908	27900	5768	---	---	6.12	3450
04/08	604470 - 908	27900	9306	---	---	6.12	2770
Código da máquina: SDB11455							
DIA	PEÇA	t _d	t _i	t _s	Z	t _p	m
02/08	604470 - 908	11700	4995	---	---	5.20	1120
03/08	604470 - 908	27900	8466	---	---	5.20	3450
04/08	604470 - 908	27900	11472	---	---	5.20	2770
Código da máquina: SDB21394							
DIA	PEÇA	t _d	t _i	t _s	Z	t _p	m
02/08	604300 - 936	27900	6247	---	---	31.52	652
03/08	604300 - 936	30600	7523	---	---	31.52	690
04/08	604300 - 936	30600	7256	---	---	31.52	700

ANEXO 4 - DADOS CALCULADOS DA LINHA DO ESTATOR

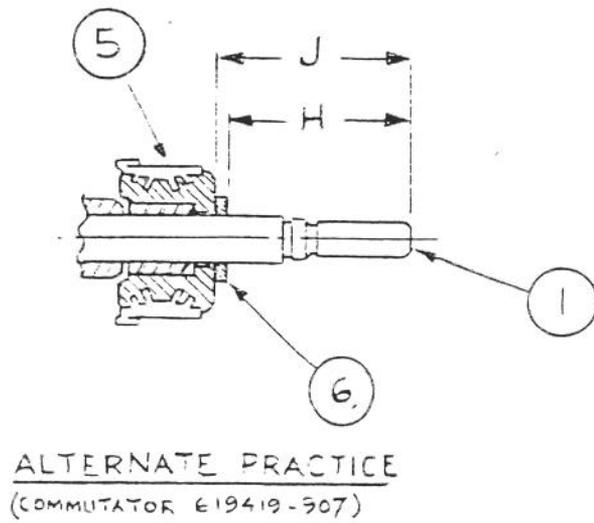
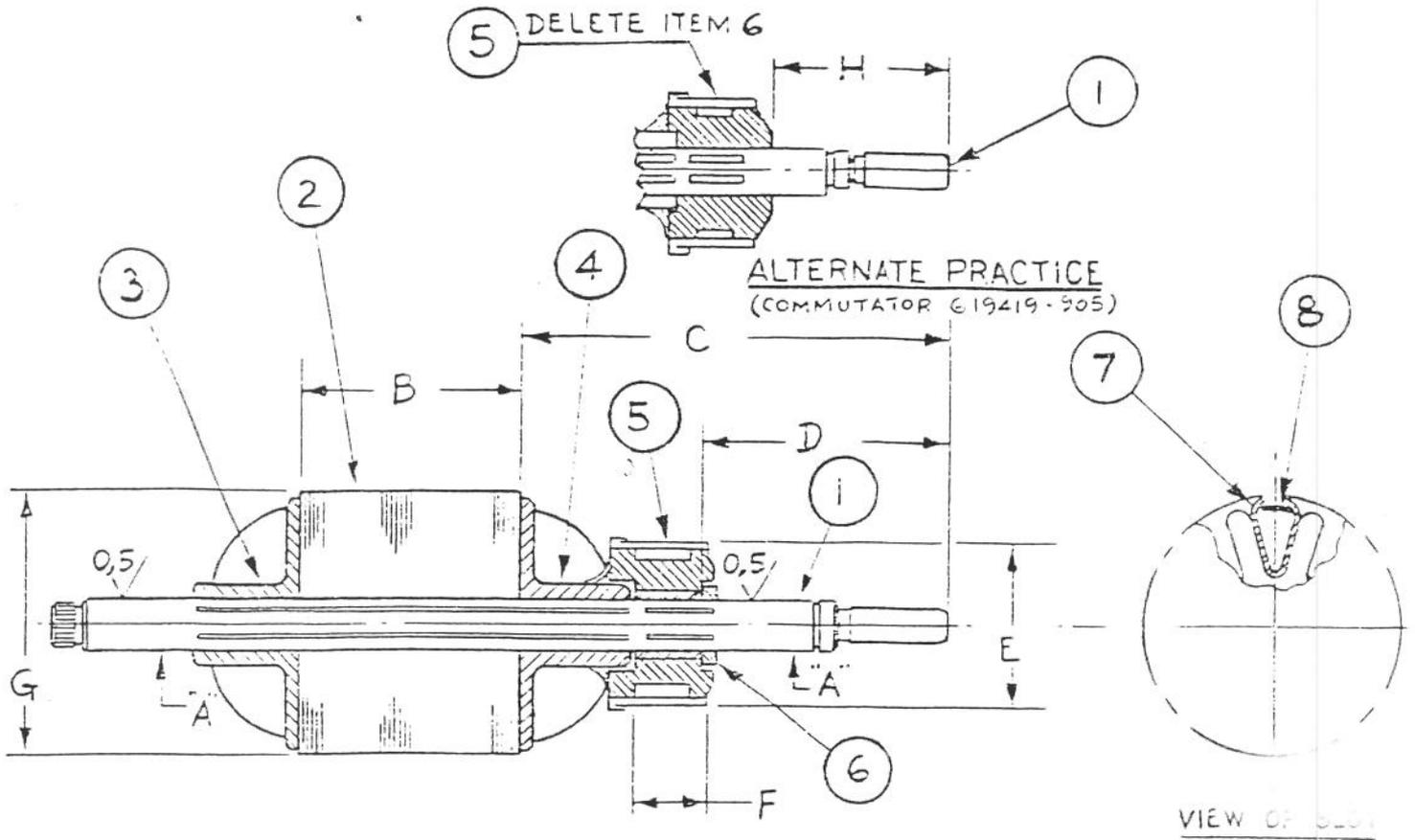
Código da máquina: RES02					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	604470 - 903	25360	0.98	0.91	0.89
03/08	604470 - 903	21737	0.93	0.78	0.72
04/08	604470 - 903	23206	0.95	0.83	0.79
Código da máquina: SDB17213					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	604470 - 903	22386	0.94	0.80	0.75
03/08	604470 - 903	19308	0.89	0.69	0.61
04/08	604470 - 903	20556	0.91	0.74	0.67
Código da máquina: SDB15872					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	604300 - 934	24684	0.96	0.81	0.77
03/08	604300 - 934	1297	0.97	0.87	0.84
	604300 - 915	17009	0.96	0.82	0.79
	604300 - 934	6336	0.95	0.75	0.71
04/08	604300 - 934	24952	0.96	0.82	0.78
Código da máquina: SDB17290					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	604300 - 934	24631	0.96	0.81	0.77
03/08	604300 - 934	5975	0.96	0.80	0.76
	604300 - 915	3536	0.95	0.79	0.75
	604300 - 934	11497	0.89	0.62	0.55
04/08	604300 - 934	22246	0.93	0.73	0.68
Código da máquina: SDB11891					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	604300 - 917	29263	0.99	0.96	0.95
03/08	604300 - 917	1765	0.94	0.74	0.69
	604300 - 939	26414	0.99	0.94	0.93
04/08	604300 - 939	26225	0.99	0.95	0.94
	604300 - 917	1775	0.93	0.60	0.56

CONTINUAÇÃO DO ANEXO 4

Código da máquina: RES01					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	604470 - 908	7581	0.90	0.65	0.59
03/08	604470 - 908	22132	0.95	0.79	0.76
04/08	604470 - 908	18594	0.91	0.67	0.61
Código da máquina: SDB11455					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	604470 - 908	6705	0.87	0.57	0.50
03/08	604470 - 908	19434	0.92	0.70	0.64
04/08	604470 - 908	16428	0.87	0.59	0.52
Código da máquina: SDB21394					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	604300 - 936	21653	0.95	0.78	0.74
03/08	604300 - 936	23077	0.94	0.75	0.71
04/08	604300 - 936	23344	0.95	0.76	0.72

ANEXO 5 - CROQUI DO ROTOR

NOTICE TO PERSONS RECEIVING THIS DOCUMENT: THE SINGER COMPANY CLAIMS PROPRIETARY RIGHTS TO THE INFORMATION DISCLOSED HEREIN. THIS DOCUMENT MAY NOT BE REPRODUCED WITHOUT WRITTEN PERMISSION OF SINGER COMPANY OR A SUBSIDIARY OR AFFILIATE THAT IS AUTHORIZED BY THEM TO GIVE SUCH PERMISSION.



ANEXO 6 - DADOS COLETADOS DA LINHA DO ROTOR

Código da máquina: SDB18062							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
02/08	605773 - 901	3300	100	---	---	15.91	200
	605773 - 913	3000	257	120	1	15.91	162
	605773 - 901	24300	5163	120	1	15.91	1138
03/08	605773 - 901	1800	313	---	---	15.91	90
	605773 - 913	7200	473	120	1	15.91	410
	605773 - 901	10800	354	42	1	15.91	650
	605773 - 913	4740	579	81	2	15.91	250
	605773 - 901	3360	114	44	2	15.91	200
04/08	605773 - 901	3600	1031	---	---	15.91	150
	605773 - 913	13320	443	71	1	15.91	800
	605773 - 901	4800	1320	65	1	15.91	200
	605773 - 913	3180	1306	53	2	15.91	100
	605773 - 901	3000	467	64	2	15.91	150
Código da máquina: SDB11479							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
02/08	605773 - 903	12900	822	---	---	15.91	750
	605773 - 913	9600	2629	143	1	15.91	400
	605773 - 903	8100	1400	89	1	15.91	400
03/08	605773 - 903	30600	5724	---	---	15.91	1500
04/08	605773 - 903	8520	1833	---	---	15.91	400
	605773 - 913	22080	6516	95	1	15.91	900
Código da máquina: SDB19295							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
02/08	603892 - 909	18900	571	---	---	98.53	185
	603892 - 934	11700	1525	77	1	89.35	110
03/08	603892 - 938	30600	7023	---	---	89.35	250
04/08	603892 - 938	13500	3880	---	---	89.35	100
	603892 - 936	17100	4779	35	1	84.76	135

CONTINUAÇÃO DO ANEXO 6

Código da máquina: SDB							
DIA	PEÇA	t _d	t _i	t _s	Z	t _p	m
02/08	603892 - 933	27900	871	---	---	53.75	500
03/08	603892 - 933	30600	1567	---	---	53.75	535
04/08	603892 - 933	18000	5249	---	---	53.75	220
	NP1068 - 902	9900	260	33	1	56.24	170
Código da máquina: SDB20472							
DIA	PEÇA	t _d	t _i	t _s	Z	t _p	m
02/08	603892 - 933	30600	1339	---	---	53.75	540
03/08	603892 - 933	30600	4080	---	---	53.75	480
04/08	603892 - 933	10140	2223	---	---	53.75	140
	603892 - 935	18720	4026	221	1	48.24	300
	603892 - 933	1740	446	140	1	53.75	20
Código da máquina: SDB21945							
DIA	PEÇA	t _d	t _i	t _s	Z	t _p	m
02/08	603892 - 933	27900	3156	---	---	53.75	450
03/08	603892 - 933	27900	3613	---	---	53.75	440
04/08	603892 - 933	6480	1396	---	---	53.75	90
	603892 - 935	21420	4997	490	1	48.24	312
Código da máquina: SDB19649							
DIA	PEÇA	t _d	t _i	t _s	Z	t _p	m
02/08	603892 - 933	30600	2481	---	---	53.75	515
03/08	603892 - 933	30600	7050	---	---	53.75	415
04/08	603892 - 933	5400	706	---	---	53.75	85
	603892 - 935	25200	11067	120	1	48.24	250
Código da máquina: SDB15873							
DIA	PEÇA	t _d	t _i	t _s	Z	t _p	m
02/08	603892 - 909	9900	124	---	---	98.53	99
	603892 - 935	19500	8177	231	1	48.24	200
	603892 - 933	1200	280	279	1	53.75	11
03/08	603892 - 933	30600	7735	---	---	53.75	400
04/08	603892 - 933	7500	3405	---	---	53.75	65
	603892 - 936	14700	3345	254	1	84.76	124

CONTINUAÇÃO DO ANEXO 6

Código da máquina: SDB17291							
DIA	PEÇA	t _d	t _i	t _s	Z	t _p	m
02/08	603892 - 909	11700	732	---	---	98.53	110
	603892 - 935	18900	5502	367	1	48.24	250
03/08	603892 - 938	30600	3225	---	---	89.35	300
04/08	603892 - 938	15300	2372	---	---	89.35	140
	603892 - 936	15300	1079	45	1	84.76	165
Código da máquina: SDB20607							
DIA	PEÇA	t _d	t _i	t _s	Z	t _p	m
02/08	603892 - 933	30600	4171	---	---	53.75	478
03/08	603892 - 933	30600	4765	---	---	53.75	468
04/08	603892 - 933	27900	8409	---	---	53.75	335
Código da máquina: SDB11469							
DIA	PEÇA	t _d	t _i	t _s	Z	t _p	m
03/08	603892 - 933	7500	1211	---	---	8.10	750
	603892 - 938	1260	119	310	1	8.10	100
	603892 - 933	6240	920	297	1	8.10	600
	603892 - 938	1800	88	254	2	8.10	178
	603892 - 933	4800	38	300	2	8.10	550
	603892 - 938	720	14	299	3	8.10	50
	603892 - 933	5700	100	318	3	8.10	650
	603892 - 938	1680	319	316	4	8.10	122
	603892 - 933	2700	112	300	4	8.10	280
04/08	603892 - 933	1500	242	---	---	8.10	150
	603892 - 938	1200	87	287	1	8.10	100
	603892 - 933	6240	37	301	1	8.10	750
	603892 - 935	1080	101	274	1	6.87	100
	603892 - 938	2100	180	268	2	8.10	200
	603892 - 933	720	41	266	2	8.10	50
	603892 - 935	1020	47	277	2	6.87	100
	603892 - 938	900	19	270	3	8.10	75
	603892 - 933	720	8	305	3	8.10	50
	603892 - 935	1860	184	269	3	6.87	200
	603892 - 933	900	165	381	4	8.10	40

CONTINUAÇÃO DO ANEXO 6

DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
	603892 - 935	900	192	330	4	6.87	50
	603892 - 936	1800	279	265	1	8.10	149
	603892 - 935	3300	825	268	5	6.87	300
	NP1068 - 902	1020	182	365	1	8.80	50
	603892 - 935	900	184	340	6	6.87	50
	603892 - 936	1980	430	258	2	8.10	150
	603892 - 935	1800	719	267	7	6.87	100

ANEXO 7 - DADOS CALCULADOS DA LINHA DO ROTOR

Código da máquina: SDB18062					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	605773 - 901	3200	0.99	0.97	0.96
	605773 - 913	2623	0.98	0.87	0.86
	605773 - 901	19017	0.95	0.78	0.75
03/08	605773 - 901	1487	0.96	0.83	0.80
	605773 - 913	6607	0.99	0.92	0.91
	605773 - 901	10404	0.99	0.96	0.96
	605773 - 913	4080	0.98	0.86	0.84
	605773 - 901	3202	0.99	0.95	0.95
04/08	605773 - 901	2569	0.93	0.71	0.66
	605773 - 913	12806	0.99	0.96	0.96
	605773 - 901	3415	0.93	0.71	0.66
	605773 - 913	1821	0.87	0.57	0.50
	605773 - 901	2469	0.97	0.82	0.80
Código da máquina: SDB11479					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	605773 - 903	12078	0.99	0.94	0.93
	605773 - 913	6828	0.96	0.71	0.66
	605773 - 903	6611	0.96	0.82	0.79
03/08	605773 - 903	24876	0.96	0.81	0.78
04/08	605773 - 903	6687	0.95	0.79	0.75
	605773 - 913	15469	0.92	0.70	0.65
Código da máquina: SDB19295					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	603892 - 909	18329	0.99	0.97	0.96
	603892 - 934	10098	0.97	0.86	0.84
03/08	603892 - 938	23577	0.95	0.77	0.73
04/08	603892 - 938	9620	0.93	0.71	0.66
	603892 - 936	12321	0.93	0.72	0.67

CONTINUAÇÃO DO ANEXO 7

Código da máquina: SDB					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	603892 - 933	27400	0.98	0.98	0.96
03/08	603892 - 933	29033	0.99	0.95	0.94
04/08	603892 - 933	12751	0.92	0.71	0.66
	NP1068 - 902	9607	1.00	0.97	0.97
Código da máquina: SDB20472					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	603892 - 933	29261	0.99	0.96	0.95
03/08	603892 - 933	26520	0.97	0.87	0.84
04/08	603892 - 933	7917	0.95	0.78	0.74
	603892 - 935	14473	1.00	0.77	0.77
	603892 - 933	1154	0.93	0.66	0.62
Código da máquina: SDB21945					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	603892 - 933	24744	0.98	0.89	0.87
03/08	603892 - 933	24287	0.97	0.87	0.85
04/08	603892 - 933	5084	0.95	0.79	0.75
	603892 - 935	15933	0.95	0.74	0.70
Código da máquina: SDB19649					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	603892 - 933	28119	0.98	0.92	0.91
03/08	603892 - 933	23550	0.95	0.77	0.73
04/08	603892 - 933	4694	0.97	0.87	0.85
	603892 - 935	14013	0.86	0.56	0.48
Código da máquina: SDB15873					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	603892 - 909	9776	1.00	0.99	0.99
	603892 - 935	11092	0.86	0.57	0.49
	603892 - 933	641	0.92	0.53	0.49
03/08	603892 - 933	22865	0.94	0.75	0.70
04/08	603892 - 933	4095	0.85	0.55	0.47
	603892 - 936	11101	0.95	0.76	0.72

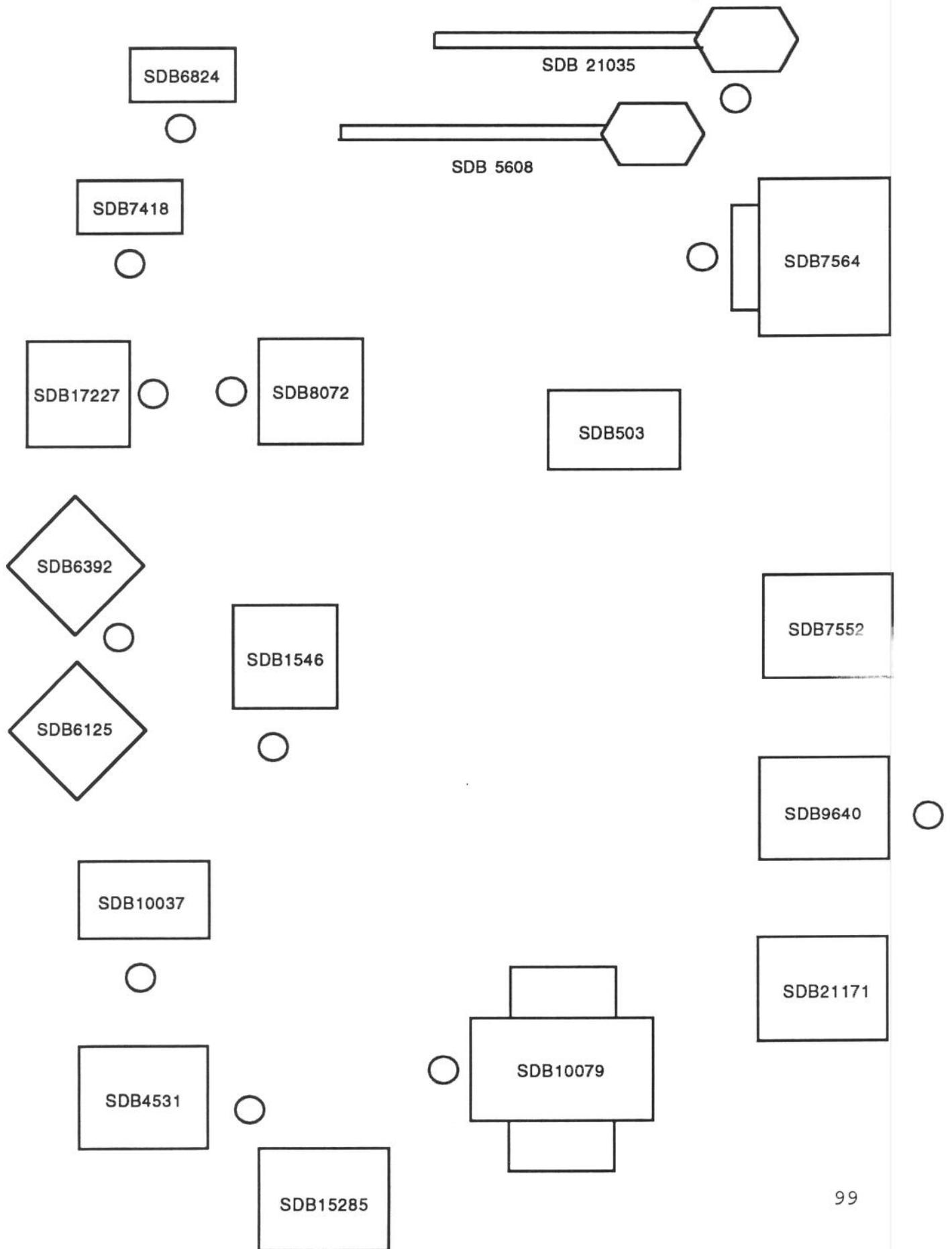
CONTINUAÇÃO DO ANEXO 7

Código da máquina: SDB17291					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	603892 - 909	10968	0.99	0.94	0.93
	603892 - 935	13398	0.90	0.71	0.64
03/08	603892 - 938	27375	0.98	0.90	0.88
04/08	603892 - 938	12928	0.97	0.85	0.82
	603892 - 936	14176	0.99	0.93	0.91
Código da máquina: SDB20607					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
02/08	603892 - 933	26429	0.97	0.86	0.84
03/08	603892 - 933	25835	0.97	0.84	0.82
04/08	603892 - 933	19491	0.92	0.70	0.65
Código da máquina: SDB11469					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
03/08	603892 - 933	6289	0.97	0.84	0.81
	603892 - 938	831	0.97	0.66	0.64
	603892 - 933	5023	0.97	0.81	0.78
	603892 - 938	1458	0.99	0.81	0.80
	603892 - 933	4462	1.00	0.93	0.93
	603892 - 938	407	1.00	0.57	0.57
	603892 - 933	5282	1.00	0.92	0.92
	603892 - 938	1045	0.94	0.62	0.59
	603892 - 933	2288	0.99	0.85	0.84

CONTINUAÇÃO DO ANEXO 7

DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
04/08	603892 - 933	1258	0.97	0.84	0.81
	603892 - 938	826	0.98	0.69	0.68
	603892 - 933	6082	1.00	0.95	0.95
	603892 - 935	705	0.97	0.65	0.64
	603892 - 938	1652	0.98	0.79	0.77
	603892 - 933	413	0.98	0.57	0.56
	603892 - 935	696	0.99	0.68	0.67
	603892 - 938	611	0.99	0.68	0.68
	603892 - 933	407	1.00	0.57	0.56
	603892 - 935	1407	0.98	0.76	0.74
	603892 - 933	354	0.91	0.39	0.36
	603892 - 935	378	0.91	0.42	0.38
	603892 - 936	1256	0.96	0.70	0.67
	603892 - 935	2207	0.93	0.67	0.63
	NP1068 - 902	473	0.93	0.46	0.43
	603892 - 935	376	0.91	0.42	0.38
	603892 - 936	1292	0.94	0.65	0.61
	603892 - 935	814	0.84	0.45	0.38

ANEXO 9 - "LAY-OUT" DA LINHA DO EIXO DE MÁQUINA



ANEXO 10- DADOS COLETADOS DA LINHA DO EIXO DE MÁQUINA

Código da máquina: SDB21035							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
25/08	445776 - SMB	21900	6061	2400	---	10.00	1237
26/08	445776 - SMB	12600	4760	360	---	10.00	664
29/08	445776 - SMB	20400	4133	1800	---	10.00	1342
Código da máquina: SDB5608							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
25/08	445776 - SMB	21900	5933	2100	---	10.00	1282
26/08	445776 - SMB	12600	4820	---	---	10.00	693
29/08	445776 - SMB	20400	4786	1800	---	10.00	1297
Código da máquina: SDB7564							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
25/08	445776 - 900	18000	2268	900	---	7.00	2039
26/08	445776 - 900	26100	743	2700	---	7.00	3150
29/08	445776 - 900	26100	2967	---	---	7.00	3230
Código da máquina: SDB7552							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
25/08	MANUT. MECÂ.	---	---	---	---	---	---
26/08	MANUT. MECÂ.	---	---	---	---	---	---
29/08	MANUT. MECÂ.	---	---	---	---	---	---
Código da máquina: SDB9640							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
25/08	531683 - 900	29700	595	1500	---	23.00	1250
26/08	531683 - 900	29700	4234	960	---	23.00	1033
29/08	531683 - 900	29700	1254	1200	---	23.00	1175
Código da máquina: SDB21171							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
25/08	531683 - 900	29700	847	1200	---	18.00	1528
26/08	531683 - 900	29700	4865	1260	---	18.00	1262
29/08	531683 - 900	29700	3274	1080	---	18.00	1376

CONTINUAÇÃO DO ANEXO 10

Código da máquina: SDB10079							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
25/08	531683 - 900	22500	5263	---	---	6.00	2718
26/08	531683 - 900	21900	3274	1500	---	6.00	2758
29/08	531683 - 900	23700	4962	---	---	6.00	2977
Código da máquina: SDB15285							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
25/08	531684 - 000	19800	10476	---	---	5.00	1495
26/08	531684 - 000	16500	7578	---	---	5.00	1517
29/08	531684 - 000	19800	9851	---	---	5.00	1642
Código da máquina: SDB4531							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
25/08	531684 - 000	19800	10593	---	---	6.00	1223
26/08	531684 - 000	16500	7696	---	---	6.00	1241
29/08	531684 - 000	19800	10021	---	---	6.00	1335
Código da máquina: SDB6125							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
25/08	531657 - 000	25800	9649	---	---	28.00	516
26/08	531657 - 000	24600	8439	---	---	28.00	524
29/08	531657 - 000	25800	8459	---	---	28.00	566
Código da máquina: SDB1546							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
25/08	531684 - 000	17100	10655	---	---	4.00	1141
26/08	531684 - 000	15900	9578	---	---	4.00	1158
29/08	531684 - 000	17100	10285	---	---	4.00	1250
Código da máquina: SDB6392							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
25/08	531684 - 000	25800	12911	---	---	10.00	1061
26/08	531684 - 000	24600	11764	---	---	10.00	1076
29/08	531684 - 000	25800	12061	---	---	10.00	1161

CONTINUAÇÃO DO ANEXO 10

Código da máquina: SDB17227							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
25/08	531657 - 000	22500	10807	---	---	6.00	1631
26/08	531657 - 000	22500	10684	---	---	6.00	1655
29/08	531657 - 000	22500	10266	---	---	6.00	1737
Código da máquina: SDB8078							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
25/08	531684 - 000	22500	13581	---	---	6.00	1087
26/08	531684 - 000	22500	13500	---	---	6.00	1103
29/08	531684 - 000	22500	12801	---	---	6.00	1240

ANEXO 11 - DADOS CALCULADOS DA LINHA DO EIXO DE MÁQUINA

Código da máquina: SDB21035					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
25/08	445776 - SMB	21900	0.92	0.61	0.57
26/08	445776 - SMB	12600	0.89	0.59	0.53
29/08	445776 - SMB	20400	0.93	0.71	0.66
Código da máquina: SDB5608					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
25/08	445776 - SMB	13867	0.93	0.64	0.59
26/08	445776 - SMB	7780	0.89	0.62	0.55
29/08	445776 - SMB	13814	0.94	0.68	0.64
Código da máquina: SDB7564					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
25/08	445776 - 900	14832	0.96	0.82	0.79
26/08	445776 - 900	22657	0.97	0.87	0.85
29/08	445776 - 900	23133	0.98	0.89	0.87
Código da máquina: SDB7552					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
25/08	MANUT. MECÂNICA	---	---	---	---
26/08	MANUT. MECÂNICA	---	---	---	---
29/08	MANUT. MECÂNICA	---	---	---	---
Código da máquina: SDB9640					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
25/08	531683 - 900	27605	1.00	0.93	0.93
26/08	531683 - 900	24506	0.97	0.83	0.80
29/08	531683 - 900	27246	0.99	0.92	0.91
Código da máquina: SDB21171					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
25/08	531683 - 900	27653	1.00	0.93	0.93
26/08	531683 - 900	23575	0.96	0.79	0.76
29/08	531683 - 900	25346	0.98	0.85	0.83

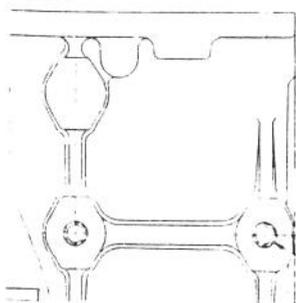
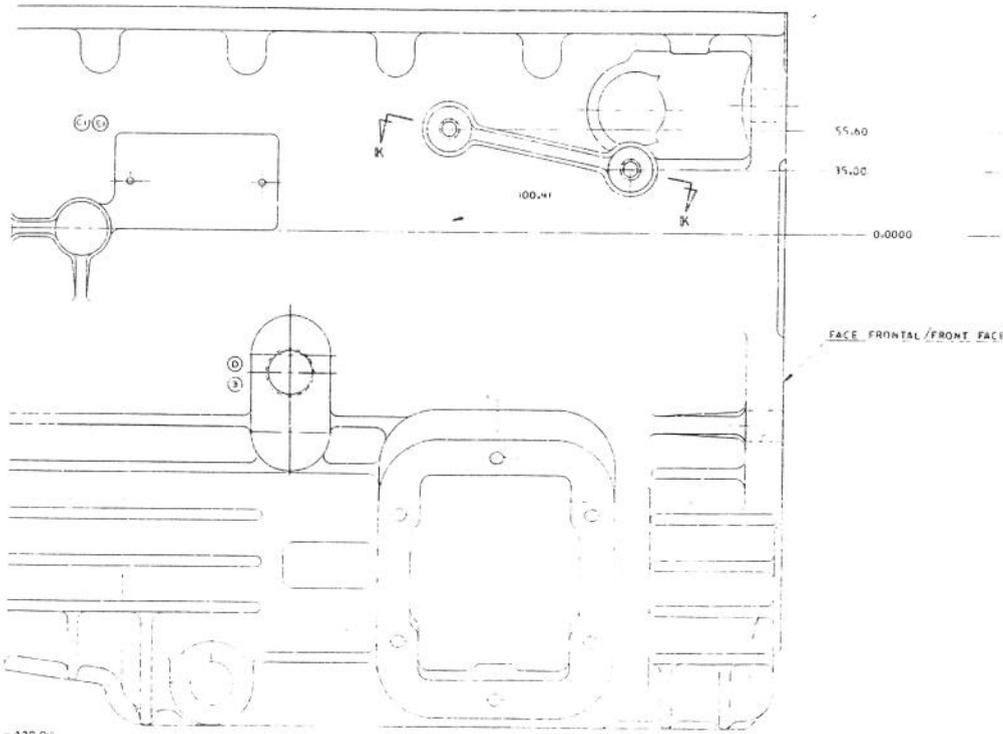
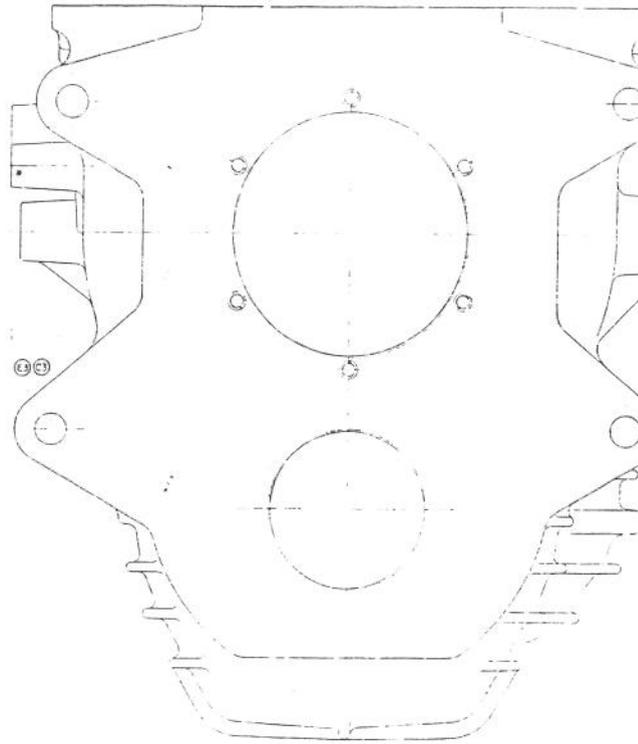
CONTINUAÇÃO DO ANEXO 11

Código da máquina: SDB10079					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
25/08	531683 - 900	17237	0.95	0.77	0.73
26/08	531683 - 900	17126	0.97	0.78	0.76
29/08	531683 - 900	18738	0.95	0.79	0.75
Código da máquina: SDB15285					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
25/08	531684 - 000	9324	0.80	0.47	0.38
26/08	531684 - 000	8922	0.85	0.54	0.46
29/08	531684 - 000	9949	0.83	0.50	0.41
Código da máquina: SDB4531					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
25/08	531684 - 000	9207	0.80	0.47	0.37
26/08	531684 - 000	8804	0.85	0.53	0.45
29/08	531684 - 000	9779	0.82	0.49	0.41
Código da máquina: SDB6125					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
25/08	531657 - 000	16151	0.89	0.63	0.56
26/08	531657 - 000	16161	0.91	0.66	0.60
29/08	531657 - 000	17341	0.91	0.67	0.61
Código da máquina: SDB1546					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
25/08	531684 - 000	6445	0.71	0.38	0.27
26/08	531684 - 000	6322	0.73	0.40	0.29
29/08	531684 - 000	6815	0.73	0.40	0.29
Código da máquina: SDB6392					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
25/08	531684 - 000	12889	0.82	0.50	0.41
26/08	531684 - 000	12836	0.84	0.52	0.44
29/08	531684 - 000	13739	0.85	0.53	0.45

CONTINUAÇÃO DO ANEXO 11

Código da máquina: SDB17227					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
25/08	531657 - 000	11693	0.84	0.52	0.44
26/08	531657 - 000	11816	0.84	0.53	0.44
29/08	531657 - 000	12234	0.85	0.54	0.46
Código da máquina: SDB8078					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
25/08	531684 - 000	8919	0.73	0.40	0.29
26/08	531684 - 000	9000	0.74	0.40	0.29
29/08	531684 - 000	9699	0.77	0.43	0.33

ANEXO 12 - CROQUI DA CARÇAÇA DE TRANSMISSÃO



NOTAS
 1. TODAS DIMENSÕES EM LIBRAS
 2. CLASSE DECIMAL 20/100
 3. CLASSE DE IMBATES 20/100
 4. CLASSE DE TOLERÂNCIAS 20/100

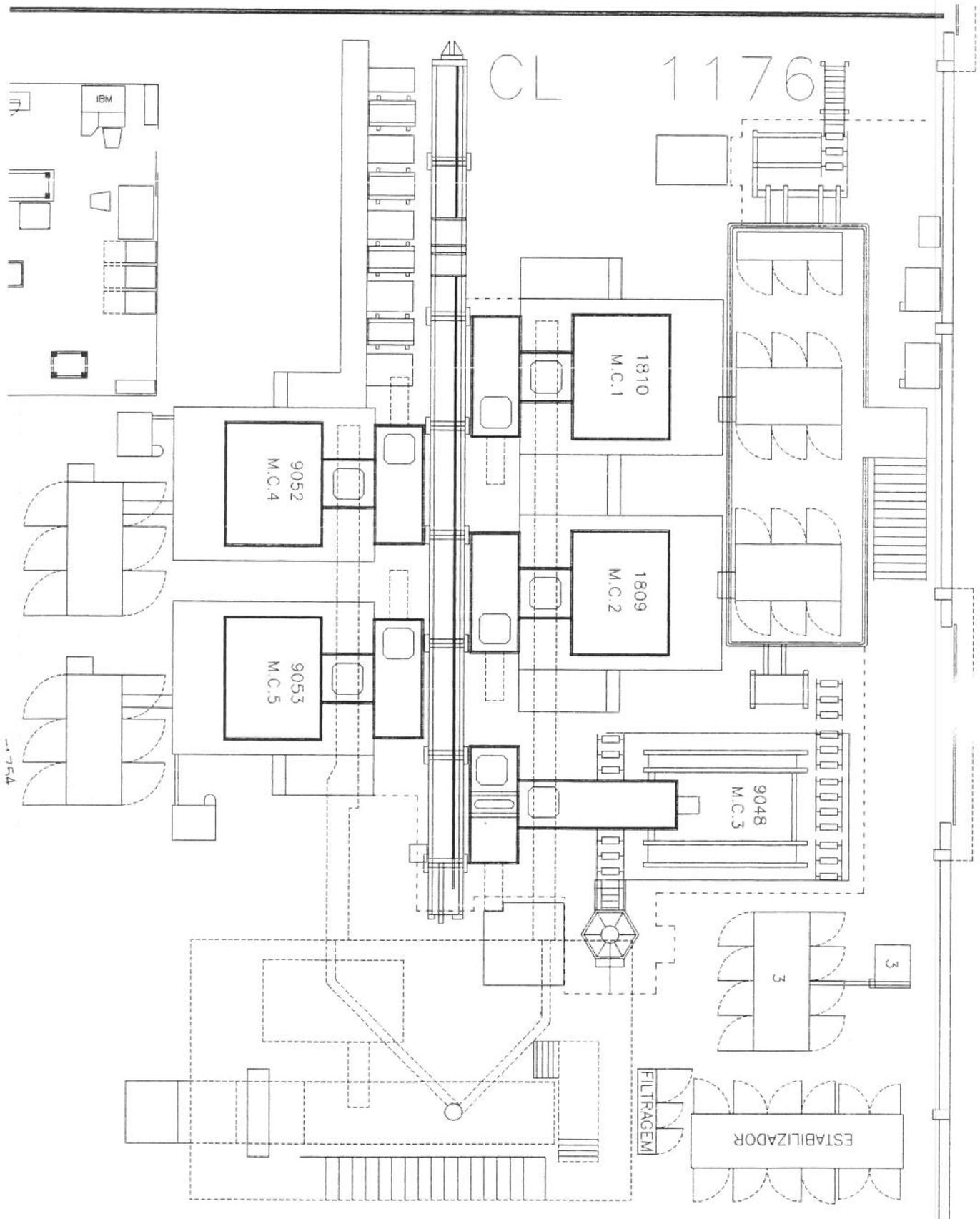
NOTES
 1. UNLESS OTHERWISE SPECIFIED
 ONE PLACE DIM'S 20/100
 TWO PLACE DIM'S 20/100
 FOUR PLACE DIM'S THEORETICAL

ESTA PEÇA É IDENTICA A FIGURA 4-101225-1 EXCEPTO PELOS DETALHES INDICADOS

② SEMPRE AS 4301225-1 EXCEPTO PELOS DETALHES

1. DIMENSÃO DE DIA MÁX. 0.074 1.000 1.000
 2. DIMENSÃO DE PROF. MÁX. 0.004 0.004 0.004

ANEXO 13 - LAY-OUT DA CÉLULA GROB (CARÇA DE TRANSMISSÃO)



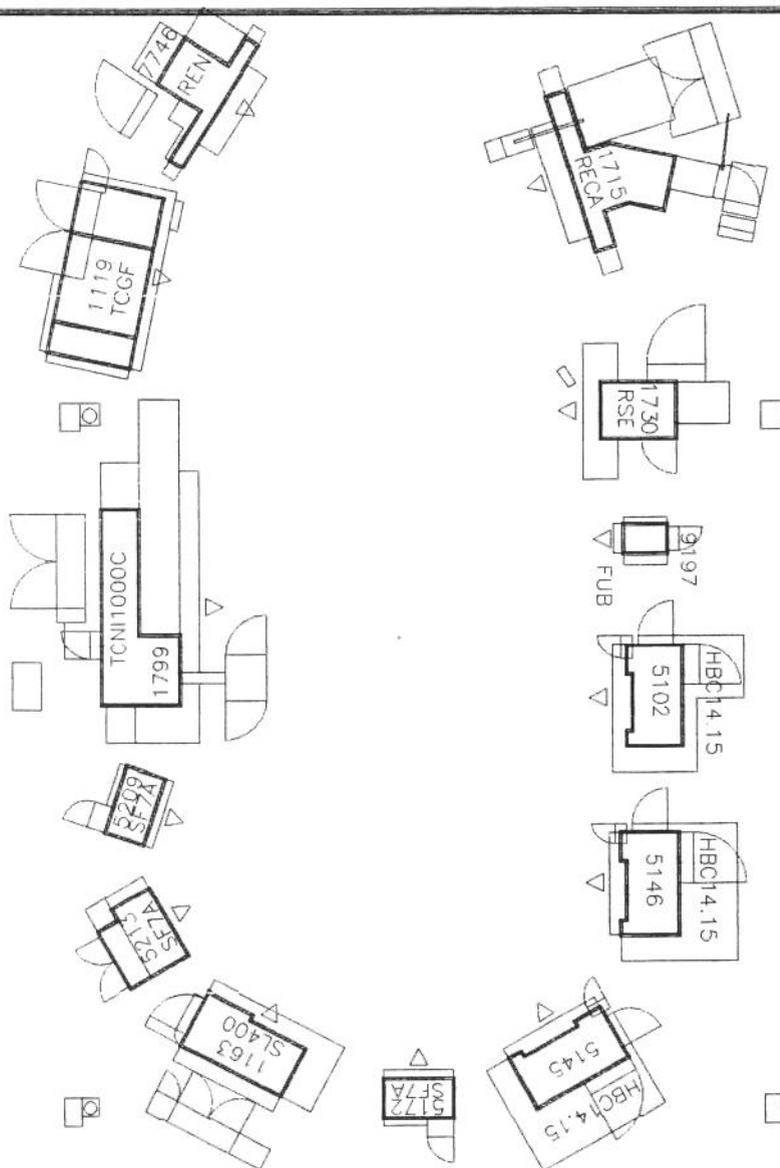
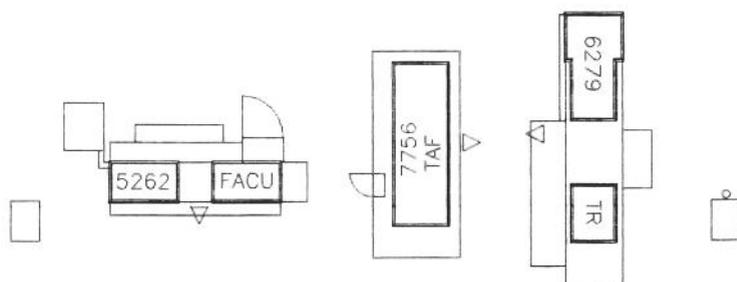
**ANEXO 14 - DADOS COLETADOS DA CÉLULA GROB
(CARÇA DE TRANSMISSÃO)**

Código da máquina: 1809-3							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
15/08	3316 - 276	27900	6000	---	---	1554	10
16/08	3316 - 276	27900	7200	---	---	1544	11
19/08	3316 - 276	17100	2700	---	---	1554	8
Código da máquina: 1810-0							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
15/08	3316 - 276	27900	2700	---	---	1544	12
16/08	3316 - 276	27900	7200	---	---	1544	11
19/08	3316 - 276	17100	2700	---	---	1544	9
Código da máquina: 9052-0							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
15/08	3316 - 276	27900	3300	---	---	1544	12
16/08	3316 - 276	27900	7200	---	---	1544	12
19/08	3316 - 276	17100	2700	---	---	1544	9
Código da máquina: 9053-3							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
15/08	3316 - 276	27900	2700	---	---	1544	12
16/08	3316 - 276	27900	7200	---	---	1544	11
19/08	3316 - 276	17100	2700	---	---	1544	8
Código da máquina: 9048-4							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
15/08	3316 - 276	27900	3900	---	---	393	46
16/08	3316 - 276	27900	7200	---	---	393	45
19/08	3316 - 276	17100	2700	---	---	393	34

**ANEXO 15 - DADOS CALCULADOS DA CÉLULA GROB
(CARCAÇAS DE TRANSMISSÃO)**

Código da máquina: 1809-3					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
15/08	3316 - 276	21900	0.71	0.79	0.55
16/08	3316 - 276	20700	0.82	0.74	0.61
19/08	3316 - 274	14400	0.86	0.84	0.72
Código da máquina: 1810-0					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
15/08	3316 - 276	25200	0.74	0.90	0.66
16/08	3316 - 276	20700	0.82	0.74	0.61
19/08	3316 - 276	14400	0.97	0.84	0.81
Código da máquina: 9052-0					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
15/08	3316 - 276	24600	0.75	0.88	0.66
16/08	3316 - 276	20700	0.90	0.74	0.66
19/08	3316 - 276	14400	0.97	0.84	0.81
Código da máquina: 9053-3					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
15/08	3316 - 276	25200	0.74	0.90	0.66
16/08	3316 - 276	20700	0.82	0.74	0.61
19/08	3316 - 276	14400	0.86	0.84	0.72
Código da máquina: 9048-4					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
15/08	3316 - 276	24000	0.75	0.86	0.65
16/08	3316 - 276	20700	0.85	0.74	0.63
19/08	3316 - 276	14400	0.93	0.84	0.78

ANEXO 19 - "LAY-OUT" DA CÉLULA "B" (EIXOS DE TRATOR)



ANEXO 20 - DADOS COLETADOS DA CÉLULA "B" (EIXOS DE TRATOR)

Código da máquina: 6279-1							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	TERCEIRIZADO	---	---	---	---	---	---
23/08	TERCEIRIZADO	---	---	---	---	---	---
24/08	TERCEIRIZADO	---	---	---	---	---	---
Código da máquina: 7756-5							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	3316 - 942	13500	4743	---	---	88	90
23/08	3316 - 580	26100	3886	3600	---	83	108
24/08	3316 - 580	2700	1236	---	---	83	15
	3317 - 847	12600	3354	1800	1	89	77
Código da máquina: 5262-0							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	3317 - 418	9900	5069	---	---	41	96
	3317 - 417	13200	6881	1500	1	34	106
	3315 - 310	4200	---	4200	1	---	---
23/08	3313 - 949	27000	15066	3900	---	43	125
24/08	3316 - 833	15300	7191	---	---	38	180
Código da máquina: 7746-1							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---	---	---
23/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---	---	---
24/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---	---	---
Código da máquina: 1119-2							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	FALTA M.P.	---	---	---	---	---	---
23/08	3316 - 580	16200	1241	8700	---	151	40
	3316 - 580	9900	4061	1800	1	151	22
24/08	3316 - 580	13500	5571	---	---	151	46

CONTINUAÇÃO DO ANEXO 20

Código da máquina: 1799-4							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	3341 - 702	14400	6555	---	---	152	44
23/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---	---	---
24/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---	---	---
Código da máquina: 5209-7							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---	---	---
23/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---	---	---
24/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---	---	---
Código da máquina: 5213-3							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	SEM PROGRAM	---	---	---	---	---	---
23/08	SEM PROGRAM	---	---	---	---	---	---
24/08	SEM PROGRAM	---	---	---	---	---	---
Código da máquina: 1163-4							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	3316 - 942	3000	537	---	---	296	8
23/08	3316 - 942	27000	11879	---	---	296	44
24/08	3316 - 942	15300	4450	---	---	296	34
Código da máquina: 5172-9							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	3341 - 702	27300	7643	12900	---	169	32
23/08	3341 - 702	27000	18209	---	---	169	33
24/08	3341 - 702	15300	6540	---	---	169	45
Código da máquina: 5145-6							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	3341 - 702	27300	1341	16200	---	529	18
23/08	3341 - 702	27300	722	---	---	529	50
24/08	3341 - 702	15300	414	---	---	529	28

CONTINUAÇÃO DO ANEXO 20

Código da máquina: 5102-1							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	3341 - 701	27000	2020	---	---	574	40
23/08	3341 - 701	27000	13688	3600	---	152 *	48
	* RETRABALHO						
24/08	3341 - 702	15300	1190	---	---	556	25
Código da máquina: 1730-3							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	3316 - 614	27300	5312	11700	---	110	85
23/08	3314 - 927	27000	13488	---	---	121	92
24/08	3314 - 927	15300	3543	---	---	121	92
Código da máquina: 1715-0							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	3316 - 671	11400	4073	---	---	413	16
	3314 - 927	15900	1241	12000	1	488	5
23/08	3314 - 927	21600	3842	---	---	488	35
	3316 - 614	5700	2165	1800	1	451	3
24/08	3316 - 614	10500	2408	---	---	451	17
Código da máquina: 5146-9							
DIA	PEÇA	t_d	t_i	t_s	Z	t_p	m
22/08	3341 - 701	27300	10033	---	---	298	52
23/08	3341 - 702	27300	6613	---	---	305	64
24/08	3341 - 702	15300	2116	---	---	305	42

ANEXO 21 - DADOS CALCULADOS DA CÉLULA "B" (EIXOS DE TRATOR)

Código da máquina: 6279-1					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	TERCEIRIZADO	---	---	---	---
23/08	TERCEIRIZADO	---	---	---	---
24/08	TERCEIRIZADO	---	---	---	---
Código da máquina: 7756-5					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	3316 - 942	8757	0.90	0.65	0.59
23/08	3316 - 580	18614	0.96	0.71	0.69
24/08	3316 - 580	1464	0.85	0.54	0.46
	3317 - 847	7446	0.92	0.59	0.54
Código da máquina: 5262-0					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	3317 - 418	4831	0.81	0.49	0.40
	3317 - 417	4819	0.75	0.37	0.27
	3315 - 310	---	---	---	---
23/08	3313 - 949	8034	0.67	0.30	0.20
24/08	3316 - 833	8109	0.84	0.53	0.45
Código da máquina: 7746-1					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---
23/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---
24/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---
Código da máquina: 1119-2					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	FALTA DE M. P.	---	---	---	---
23/08	3316 - 580	6259	0.97	0.39	0.37
	3316 - 580	4039	0.82	0.41	0.34
24/08	3316 - 580	7929	0.88	0.59	0.51

CONTINUAÇÃO DO ANEXO 21

Código da máquina: 1799-4					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	3341 - 702	7845	0.85	0.55	0.46
23/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---
24/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---
Código da máquina: 5209-7					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---
23/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---
24/08	MANUTENÇÃO	---	---	---	---
Código da máquina: 5213-3					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	FALTA DE PROGRAM.	---	---	---	---
23/08	FALTA DE PROGRAM.	---	---	---	---
24/08	FALTA DE PROGRAM.	---	---	---	---
Código da máquina: 1163-4					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	3316 - 942	2463	0.96	0.82	0.79
23/08	3316 - 942	15121	0.86	0.56	0.48
24/08	3316 - 942	10850	0.93	0.71	0.66
Código da máquina: 5172-9					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	3341 - 702	6757	0.80	0.25	0.20
23/08	3341 - 702	8791	0.63	0.33	0.21
24/08	3341 - 702	8760	0.87	0.57	0.50
Código da máquina: 5145-6					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	3341 - 702	9759	0.98	0.36	0.35
23/08	3341 - 702	26578	1.00	0.97	0.97
24/08	3341 - 701	14886	1.00	0.97	0.97

CONTINUAÇÃO DO ANEXO 21

Código da máquina: 5146-9					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	3341 - 701	17267	0.90	0.63	0.57
23/08	3341 - 702	20687	0.94	0.76	0.71
24/08	3341 - 702	13184	0.97	0.86	0.84
Código da máquina: 5102-1					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	3341 - 701	24980	0.92	0.93	0.85
23/08	3341 - 701	9712	0.75	0.36	0.27
24/08	3341 - 702	14110	0.99	0.92	0.91
Código da máquina: 1730-3					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	3316 - 614	10288	0.91	0.38	0.34
23/08	3314 - 927	13512	0.82	0.50	0.41
24/08	3314 - 927	11757	0.95	0.77	0.73
Código da máquina: 1715-0					
DIA	PEÇA	t_t	S_c	f_o	p
22/08	3316 - 671	7327	0.90	0.64	0.58
	3314 - 927	2659	0.92	0.17	0.15
23/08	3314 - 927	17758	0.96	0.82	0.79
	3316 - 614	1735	0.78	0.30	0.24
24/08	3316 - 614	8092	0.95	0.77	0.73