

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE A REDAÇÃO FINAL
DA TESE DEFENDIDA POR Felipe Araújo
Calarge E APROVADA PELA
COMISSÃO JULGADORA EM 20/12/93
Oswaldo Luiz Agostinho
ORIENTADOR

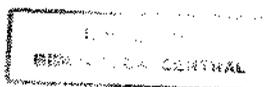
**Um Modelo de Avaliação de Estruturas de Manufatura
enfocando Atividades e Valor Agregado ao Produto .**

Felipe Araújo Calarge

Orientador : Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho

Tese apresentada à Faculdade de
Engenharia Mecânica da Universidade
Estadual de Campinas , como parte dos
requisitos para obtenção do Título de
Mestre em Engenharia Mecânica .

Dezembro - 1993 .



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA

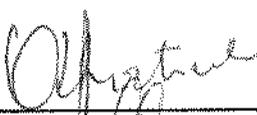
Tese de : Mestrado

Título da Tese : " Um Modelo de Avaliação de Estruturas de
Manufatura enfocando Atividades e Valor
Agregado ao Produto ".

Autor : Felipe Araújo Calarge

Orientador : Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho

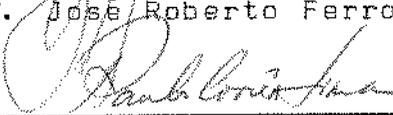
Aprovado por :



Prof. Dr. Oswaldo Luiz Agostinho , Presidente



Prof. Dr. José Roberto Ferro



Prof. Dr. Paulo Corrêa Lima

Campinas , 20 de dezembro 1993

A Narriman e Adel

Agradecimentos

- Agradeço ao Prof. Oswaldo Luiz Agostinho pelo crédito em mim depositado , orientando-me e encorajando-me nas várias fases deste trabalho .
- Aos funcionários da Equipamentos Clark Ltda. (Eng. Rogério , Eng. Batelochi , Eng. Giomo , Altair e outros) que sempre com paciência e presteza , atenderam-me em todas as necessidades para a coleta de dados deste trabalho .
- Ao Eng. Amauri Cezar Rossi , também funcionário da Equipamentos Clark Ltda. , pelos importantes esclarecimentos sobre custos baseados em atividades .
- Ao Prof. Anselmo E. Diniz , que como Chefe do DEF , soube entender e estimular a elaboração deste trabalho .
- Ao Prof. Antonio Batocchio , pela paciência e atenção com que opinou sobre pontos deste trabalho .
- Ao Prof. Paulo Corrêa Lima , pelas importantes sugestões apresentadas e pelo constante apoio computacional dedicado durante a elaboração deste trabalho .
- Aos colegas do DEF , principalmente os funcionários Aristides , Claudomiro , Emílcio , Luciene e Marília , pelo suporte que deram durante todo o tempo .
- Aos colegas de sala , Cristina e Niederauer , pelas conversas e pelo apoio sempre presente .
- Ao meu caro amigo Ronaldo , que já não esta mais entre nós , pela amizade e apoio que culminaram com a elaboração deste trabalho .
- A Narriman , pela compreensão , dedicação e paciência com que suportou (...e suportou-me !) todo este tempo .

Sumário

Dedicatória	ii
Agradecimentos	iii
Sumário	iv
Lista de Figuras	vii
Lista de Tabelas	ix
Resumo	xi
Abstract	xii

CAPÍTULO 1 : Introdução

1.1	Introduções Preliminares	1
1.2	Objetivos do Trabalho	2
1.3	Conteúdo a ser abordado neste Trabalho	3

CAPÍTULO 2 : Fatores de Influência na Modificação das Estruturas Produtivas

2.1	Introdução	5
2.2	Aspectos Tradicionais das Atividades Produtivas	6
2.3	Caracterização dos Sistemas de Manufatura	
2.3.1	Características Gerais	10
2.3.2	Sistemas Convencionais de Manufatura	12
2.3.3	Sistemas Flexíveis de Manufatura	16
2.4	Fatores Envolvidos na Transição de um Sistema Convencional de Manufatura para um Sistema Flexível de Manufatura	

2.4.1	Estrutura Econômica e de Custos : Economia de Escala x Economia de Escopo	21
2.4.2	Estrutura Organizacional da Empresa : Estrutura Convencional x Estrutura Flexível	
2.4.3	Estrutura de Informações nos Sistemas Produtivos	24
2.4.4	Estrutura Gerencial	26
2.5	Modelos de Avaliação da Estratégia de Manufatura	
2.5.1	Introdução	35
2.5.2	Variáveis de Maior Importância Envolvidos nas Operações de Manufatura	35
2.5.3	Uma Estratégia de Manufatura tendo a Abordagem Heurística	38
2.6	Comentários	41
CAPÍTULO 3 : Proposição de um Modelamento de Avaliação das Estruturas de Manufatura .		
3.1	Introdução	43
3.2	Aspectos da Estratégia Funcional de Manufatura	
3.2.1	Os conceitos de Tempos Lineares , Tempos Cíclicos e Valor Agregado ao Produto	44
3.2.2	O conceito de Interfaces do Sistema de Manufatura	48
3.2.3	Areas que compõem o Sistema de Manufatura dentro de uma Análise Estratégica	50
3.3	O enfoque dos Custos de Produção com um gerenciamento estratégico	
3.3.1	A inadequação do Sistemas Tradicionais de Custo	51
3.3.2	As novas proposições em termos de Sistemas de Custeio	54
3.3.3	A estruturação hierárquica do Sistema de Custeio baseado em Atividades	57
3.4	Caracterização de um Modelamento tendo como abordagem o Valor Adicionado ao Produto e os Tempos de Manufatura	
3.4.1	Análise Geral do Modelo	63
3.4.2	Objetivos e Metodologia de Implantação	63
3.4.3	Análises das Fases do Ciclo Produtivo do Produto	67

3.5	Comentários	80
CAPÍTULO 4 : Aplicação do Modelo de " Input - Output "		
4.1	Introdução	82
4.2	Considerações sobre a Elaboração do Trabalho	
4.2.1	Características Relativas à Empresa	83
4.2.2	Características Relativas ao Produto	83
4.2.3	Características Relativas aos Sistemas de Manufatura	85
4.3	Procedimentos Experimentais Adotados	
4.3.1	Áreas Envolvidas na Empresa	90
4.3.2	Levantamento e Coleta de Dados	90
4.4	Aplicação do Modelo Proposto	
4.4.1	Caracterização Geral	98
4.4.2	Sistema Convencional de Manufatura (SCM)	99
4.4.3	Sistema Flexível de Manufatura (SFM)	113
4.5	Comentários	121
CAPÍTULO 5 : Conclusões Obtidas		123
Referências Bibliográficas		126

Lista de Figuras

Figura 1 : Composição dos Tempos Totais de Usinagem	9
Figura 2 : Tipos de Layout	14
Figura 3-a : Curva de Ciclo de Vida de um Produto	18
Figura 3-b : Ciclo de Vida de um Produto comparado com outras Variáveis	18
Figura 4 : Comparação entre diferentes tipos de Tecnologias de Manufatura	24
Figura 5 : Esquema de uma Estrutura Matricial	27
Figura 6 : Estrutura do Sistema de Informações	28
Figura 7 : Curvas de Custos Totais de Qualidade e seus Componentes	32
Figura 8 : Curvas De Custos de Qualidade e Investimentos em SFM	32
Figura 9 : Áreas do Sistema de Manufatura	39
Figura 10 : Esquemática do Venturi de Produção	40
Figura 11 : Tempos Cíclicos e Tempos Lineares	45
Figura 12 : Conversão de Sistemas Produtivos	46
Figura 13 : Custos Positivos e Custos Negativos em um Sistema Produtivo	47
Figura 14 : Relação de Custos com o Nível de Estoques de Material em Processo	52
Figura 15 : Relação Custos x Tecnologia no decorrer do Tempo	52
Figura 16 : Estruturação do Projeto CMS	56
Figura 17 : Atividades e Despesas Associadas	60
Figura 18 : Modelo de Input - Output	66
Figura 19 : Avaliação dos Custos Negativos considerando a Variação de Capital	69
Figura 20 : Custos de Manutenção de Estoques durante a Fase I , sem a ocorrência da Taxa de Variação de Capital no decorrer do Tempo	73
Figura 21 : Custos de Manutenção de Estoques durante a Fase I , com a ocorrência da Taxa de Variação de Capital no decorrer do Tempo	74
Figura 22 : Custos de Manutenção de Atividades (AAVP / NAVP)	76

Figura 23 : Tipos de Carcaças produzidos nos SCM e SFM	87
Figura 24 : Arranjo Físico do Sistema Convencional de Manufatura	88
Figura 25 : Arranjo Físico do Sistema Flexível de Manufatura	89
Figura 26 : Distribuição dos Custos Envolvidos na Produção das Carcaças	97
Figura 27 : Gráfico do Modelo " Input - Output " excluindo o valor da matéria prima e tempo de inspeção máximo	107
Figura 28 : Gráfico do Modelo " Input - Output " excluindo o valor da matéria prima e tempo de inspeção mínimo	107
Figura 29 : Gráfico do Modelo " Input - Output " excluindo o valor da matéria prima e tempo de inspeção igual ou menor a 1 minuto	108
Figura 30 : Gráfico do Modelo " Input - Output " incluindo o valor da matéria prima e tempo de inspeção máximo	109
Figura 31 : Gráfico do Modelo " Input - Output " incluindo o valor da matéria prima e tempo de inspeção mínimo	109
Figura 32 : Gráfico do Modelo " Input - Output " excluindo o valor da matéria prima e tempo de inspeção igual ou menor a 1 minuto	109
Figura 33 : Gráfico do Modelo " Input - Output " incluindo o valor da matéria prima e tempo de inspeção mínimo , para a peça intermediária do lote de transferência (décima quarta peça)	110
Figura 34 : Gráfico do Modelo " Input - Output " excluindo o valor da matéria prima , considerando a situação do Centro de Usinagem 1	118
Figura 35 : Gráfico do Modelo " Input - Output " incluindo o valor da matéria prima , considerando a situação do Centro de Usinagem 1	118
Figura 36 : Gráfico do Modelo " Input - Output " incluindo o valor da matéria prima , analisando a peça intermediária do lote de transferência	119

Lista de Tabelas

Tabela 1 : Características dos Principais Tipos de Produção	13
Tabela 2 : Aspectos da Estrutura de Manufatura	15
Tabela 3 : Aspectos da Estrutura Organizacional	15
Tabela 4 : Aspectos da Estrutura Econômica	16
Tabela 5 : Aspectos da Estrutura de Manufatura	19
Tabela 6 : Aspectos da Estrutura Organizacional	20
Tabela 7 : Aspectos da Estrutura Econômica	20
Tabela 8 : Potenciais Benefícios da Manufatura Flexível - Critério Qualidade	31
Tabela 9 : Estágios do Desenvolvimento da Automação da Manufatura	31
Tabela 10 : Potenciais Benefícios da Manufatura Flexível - Critério Produtividade	31
Tabela 11 : Tendências de Pesquisas em TAM (Tecnologias Avançadas de Manufatura)	37
Tabela 12 : Interfaces do Sistema de Manufatura	49
Tabela 13 : Classificação de Grupos e Funções	58
Tabela 14 : Exemplificação de Função , Atividade e Tarefa	59
Tabela 15 : Situação sem a ocorrência da Taxa de Variação do Capital no decorrer do Tempo	72
Tabela 16 : Situação com a ocorrência da Taxa de Variação do Capital no decorrer do Tempo	72
Tabela 17 : Características Gerais das Carcaças a Nível do Processo e Produto	85
Tabela 18 : Aspectos Característicos dos Sistemas de Manufatura	86
Tabela 19 : Roteiro de Fabricação da Carcaça de Caixa de Mudanças SCM	92
Tabela 20 : Roteiro de Fabricação da Carcaça de Caixa de Mudanças SFM	92
Tabela 21 : Tempos de Carga , Descarga e Movimentação da Carcaça de Caixa de Mudanças SCM	93

Tabela 22 : Tempos de Totais de Carga , Descarga e Movimentação da Carcaça de Caixa de Mudanças SFM	93
Tabela 23 : Tempos e Frequência de Inspeções para a Carcaça de Caixa de Mudanças SCM	94
Tabela 24 : Estrutura de Custeio das Operações de Fabricação na Carcaça de Caixa de Mudanças SCM	95
Tabela 25 : Estrutura de Custeio das Operações de Fabricação na Carcaça de Caixa de Mudanças SFM	96
Tabela 26 : Atividades do Processo Produtivo da Carcaça de Caixa de Mudanças SCM	99
Tabela 27 : Tempos das Atividades relativas à Produção da Carcaça de Caixa de Mudanças SCM	102
Tabela 28 : Custos das Atividades relativas à Fabricação da Carcaça de Caixa de Mudanças SCM	103
Tabela 29 : Atividades do Processo Produtivo da Carcaça de Caixa de Mudanças SFM	108
Tabela 30 : Tempos das Atividades relativas à Produção da Carcaça de Caixa de Mudanças SFM	115
Tabela 31 : Custos das Atividades relativas à Fabricação da Carcaça de Caixa de Mudanças SFM	116

Resumo

Neste trabalho foi elaborado um modelo de análise de estruturas de manufatura, enfocando principalmente os conceitos de atividades e valor agregado ao produto .

Inicialmente , foram introduzidos os conceitos preliminares de atividades dos sistemas de manufatura , divididas em atividades que agregam valor ao produto e atividades que não agregam valor ao produto . Foi conceituado também , os custos por atividades e as bases de alocação de um sistema de custeio baseado em atividades.

O modelo foi aplicado em uma empresa do ramo metal - mecânico , relacionada à indústria automobilística , onde foram comparadas duas diferentes estruturas de manufatura denominadas : sistema convencional de manufatura e sistema de manufatura com automação flexível .

Os resultados obtidos evidenciaram um bom desempenho do modelo , fornecendo dados importantes para uma análise da capacidade de um sistema em agregar valor ao produto .

Abstract

In this work , it was proposed an analyse model of the manufacturing structures , with the mainly focus upon the concepts related with activities and the value-added to the product .

Iniatiially , it was introduced the basic ideas about the activities in the manufacturing systems , divided in value-adding activities and non value- adding activities . It was also introduced , the concepts related with activities costing and the cost drivers in the costing system based in activities .

The model was applied in a factory related with the metal - work processes in the automobile industry , in which it was compared two different kinds of manufacturing structures called : conventional manufacturing system and flexible manufacturing system .

The obtained results evidenced the good performance of the model , providing importants data related with the analyse of the value-adding capability of the manufacturing system .

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 - Introduções Preliminares

O ambiente de manufatura tem passado por significativas transformações nas últimas décadas , tentando se afirmar em um contexto onde os lotes de manufatura são cada vez menores e mais diversificados , os produtos apresentam ciclos de vida mais curtos e as necessidades dos clientes com relação à qualidade e prazo de entrega tornaram-se pontos principais das pautas de negociações entre as empresas .

Os **Sistemas Convencionais de Manufatura (SCM)** , aqui definidos como os sistemas de manufatura cujas características técnicas , organizacionais e de infraestrutura se inserem dentro de um contexto típico dos sistemas produtivos da década de 1950 , mostram-se limitados em adequar-se às novas exigências , comprometendo os níveis de eficiência e produtividade exigidos para a inserção das empresas em mercados cada vez mais competitivos .

Os **Sistemas Flexíveis de Manufatura (SFM)** procuram se estruturar como uma resposta em termos técnicos , organizacionais e de infraestrutura , às inadequações verificadas nos SCM . Para isto , contam com um importante aliado que é a **automação flexível da manufatura** e o emprego de técnicas computacionais baseadas nesta automação .

Mas a questão principal que se coloca é como migrar de uma tecnologia adequada a uma manufatura convencional , para uma tecnologia de uma manufatura com automação flexível ? Deve-se entender aqui **tecnologia** como um ambiente onde se inserem aspectos não somente tecnológicos , mas também organizacionais e de infraestrutura .

O que se tem verificado com certa constância é que a transição de um SCM para um SFM , se da principalmente no campo técnico , subestimando os fatores organizacionais ligados à infraestrutura de suporte e avaliação de um SFM . Esta situação acarreta uma ineficiência quanto ao emprego das TAM (Tecnologias Avançadas de

Manufatura) , levando a um certo ceticismo quanto à real eficácia destes sistemas de manufatura .

Dessa maneira , torna-se importante a formulação de análises estratégicas , que visem avaliar um sistema de manufatura com relação a tres aspectos principais : aspecto tecnológico , aspecto de sistemas de controle e aspectos de infraestrutur a . Procura-se assim avaliar aspectos primordiais a implantação de melhorias a nível de infraestrutur a organizacional do sistema produtivo , antes que sejam feitos investimentos em novas tecnologias e em sistemas de controle .

Dentro desta conceituaçã o , conforme abordado por Barke[1990-a ; 1990-b ; 1991-b] , busca-se a reduçã o nos custos de manufatura através da reduçã o dos tempos totais de manufatura , enfocando uma nova sistemática de custeio baseado no custeio por atividades .

Os objetivos e o conteúdo deste trabalho estão descritos resumidamente nos itens seguintes deste capítulo .

1.2 - Objetivos deste trabalho

Os objetivos principais deste trabalho foram :

- Propor um modelo de análise de estruturas de manufatura , tendo como principais variáveis o tempo total de manufatura , as atividades envolvidas em um determinado processo produtivo e o custeio destas atividades .

- Aplicar o modelo proposto com relação a dois sistemas de manufatura , classificados para efeitos deste trabalho como SCM (Sistema Convencional de Manufatura) e SFM (Sistema Flexível de Manufatura) , analisando as características estruturais de cada sistema no tocante aos aspectos tecnológicos , bem como estipular o perfil de capacitaçã o do sistema em agregar valor ao produto .

- Comparar aspectos relativos a cada estrutura produtiva , bem como estabelecer índices que avaliem a capacidade de agregaçã o de valor ao produto em cada sistema de manufatura .

- Analisar a eficácia do modelo com relação à sua utilizaçã o como uma ferramenta de análise estratégica de um sistema produtivo .

1.3 - Conteúdo abordado neste trabalho

As etapas que se seguiram para a elaboração deste trabalho , foram desenvolvidas basicamente com a seguinte distribuição :

Capítulo 2 : Fatores de Influência na Modificação das Estruturas Produtivas .

Foram analisados os fatores de maior importância na qualificação dos SCM e SFM , bem como os fatores envolvidos quando da transição de um SCM para um SFM , analisando aspectos relativos a : estrutura econômica e de custos , estrutura organizacional, estrutura de informações e estrutura gerencial . Foi feita também uma análise das tendências de avaliação estratégica das TAM (Tecnologias Avançadas de Manufatura) .

Capítulo 3 : Características de um Modelamento de Avaliação das Estruturas de Manufatura .

Neste capítulo foram analisadas características teóricas envolvidas na conceituação do modelo utilizado . Abordou-se também aspectos relacionados com os tempos de manufatura e novas proposições em termos de sistemas de custeio para os SFM. Foram também definidos neste capítulo os aspectos fundamentais da estruturação hierárquica de um sistema de custeio baseado em atividades .

Capítulo 4 : Aplicação do Modelo de " Input - Output " .

Abordou-se neste capítulo os aspectos gerais para a aplicação do modelo , envolvendo basicamente a parte experimental , a qual foi conduzida em uma empresa pertencente ao ramo da indústria automobilística de autopeças . Dentre as etapas desenvolvidas para a coleta de dados , elaboração e aplicação do modelo , caracterizam-se como pontos estruturais deste capítulo :

- Escolha dos produtos a serem analisados , sendo produzido um no SCM e outro no SFM .
- Levantamento de todas as atividades envolvidas no processo produtivo de cada produto .
- Obtenção dos tempos dispêndidos em cada atividade .
- Levantamento dos custos envolvidos no processo produtivo das 02 linhas de produtos e alocação dos custos às atividades especificadas .
- Aplicação do modelo com a obtenção dos perfis gráficos de agregação de valor ao produto e índices de eficiência de ciclo produtivo de cada sistema de manufatura .

Capítulo 5 : Conclusões Obtidas

Foram feitas as conclusões relativas aos resultados obtidos neste trabalho , bem como sugestões para trabalhos futuros .

CAPÍTULO 2

FATORES DE INFLUÊNCIA NA MODIFICAÇÃO DAS ESTRUTURAS PRODUTIVAS

2.1 - Introdução

Tem sido várias as transformações nas atividades industriais , as quais caracterizam-se principalmente pela velocidade com que vem ocorrendo . Novas tecnologias florescem surgindo a possibilidade de sua incorporação tanto em bens finais , como nos processos para a produção desses bens .

- o primeiro fator , foi a inexistência de conflitos de grande porte desde 1945 entre os países centrais . Essa situação fez com que se reestabelecem seguramente os parques industriais da Europa e Japão , fazendo com que ocorresse uma expansão destas economias para alguns países periféricos . Tal situação proporcionou um crescimento inevitável na oferta de produtos sem que houvesse em contrapartida um crescimento equivalente da demanda, provocando um acirramento da concorrência entre os países a nível mundial .
- o segundo fator reside na consolidação de circuitos transnacionalizados de serviços e produtos , aliado ao fortalecimento de malhas regionais de distribuição. Atualmente novos produtos são lançados a nível mundial , estando dispostos a consumidores nas mais diversas partes do mundo . Ao mesmo tempo , as empresas que compõem este circuito são capazes de investir massivos recursos pesquisa e desenvolvimento , fazendo com que a concorrência entre tais empresas se desse na forma de diferenciação e/ou diversificação de produtos e serviços .

Quanto ao aspecto tecnológico , o fator que mais influenciou e continua a influenciar as modificações na estrutura produtiva , é sem dúvida os avanços conseguidos na área de microeletrônica , cuja rápida evolução deu-se basicamente através da conjunção dos seguintes fatores :

- redução dos custos por unidade de informação (*bit*)

- integração , num único componente (*chip*), de um número crescente de funções, propiciando uma miniaturização dos produtos nos quais estes insumos são incorporados.

- aumento na velocidade de desempenho das funções

- aumento na confiabilidade dos componentes

Baptista [1988] esclarece que a importância do complexo eletrônico na estrutura industrial dá-se de 02 formas :

- abrangência crescente dos produtos de base eletrônica , fazendo com que haja uma expansão de suas fronteiras de utilização . Essa expansão se dá pelo desenvolvimento de produtos e sistemas dotados de funções cada vez mais abrangentes , ou também pela incorporação de setores que antes estavam associados a uma base tecnológica distinta da base eletrônica .
- velocidade do processo de difusão de equipamentos de base microeletrônica em diversos seguimentos industriais . Dentre estas indústrias , pode-se citar a indústria de bens de capital como uma importante produtora e usuária de equipamentos onde se incorpora a microeletrônica . Ao mesmo tempo , a indústria de bens de capital constitui um importante elo transmissor destas novas tecnologias para todo o conjunto da atividade industrial .

Esta apreciação sucinta, qualificando fatores tanto sócio-econômicos como tecnológicos , permite sugerir que nos dias atuais , no que se refere ao ambiente econômico industrial , exista uma tendência a um desenvolvimento tecnológico que passa a desempenhar um papel determinante na estratégia competitiva entre as empresas [Porter,1980] .

O que deve ser ressaltado , no entanto , é como avaliar e conjugar tais inovações tecnológicas no ambiente da empresa ? Como tornar viável a utilização de tais técnicas a nível de organização dos meios produtivos e administrativos da empresa ?

2.2 - Aspectos Tradicionais das Atividades Produtivas

O que se pode verificar é que no início da década de 1970 , as filosofias de grandes séries de produção em massa pertinentes aos sistemas de manufatura das décadas de 1950 e 1960 começaram a mostrar-se inadequadas para as novas exigências do mercado.

O mercado passava a direcionar-se no sentido de optar por produtos mais seletivos , aumentando o índice de diferenciação e/ou diversificação destes produtos , levando a uma situação de ciclos de vida do produto [Monks,1987 ; Guimarães,1989] menores dos que até então eram praticados , obrigando as empresas a atenderem mais prontamente e com mais rapidez as necessidades de mercado .

Já em 1978 , o Instituto Internacional para Pesquisas em Engenharia de Produção (CIRP) publica o Relatório Delphi , que constitui a primeira referência de

consenso sobre previsões de futuros eventos tecnológicos que poderiam ocorrer na engenharia de produção . Esse relatório foi feito através de formulários respondidos pelos membros do CIRP em todo o mundo , abordando o futuro tecnológico da manufatura do ano 1975 ao ano 2000 .

Um fator sobressaiu como o de maior expectativa de desenvolvimento tecnológico na manufatura : a tendência na direção do desenvolvimento e implementação de uma manufatura automatizada , tendendo para o estabelecimento de fábricas integradas por computador .

Tal expectativa residia no fato de que a tecnologia necessária para tais mudanças parecia atingível , dado o rápido crescimento da capacidade de manipulação de dados por computadores .

Talvez o grau de expectativa fosse grande também , devido a necessidade de mudanças que se verificavam nos sistemas de manufatura da época .

Segundo Merchant [Merchant,1977] , uma análise conduzida na época constatou que na produção em lotes , aproximadamente 5% do tempo de fabricação era gasto com a peça em um centro de trabalho , sendo que os outros 95% eram gastos em movimentação e espera.

Destes 5% gastos no centro de trabalho , sómente 1,5% correspondiam realmente a tempos de remoção material , sendo o restante gasto em carga e descarga , posicionamento de peça , posicionamento da ferramenta , percursos de movimentação da ferramenta , etc .

Agostinho [1989] relacionou o Tempo Total de Manufatura (T_T) , obtendo a expressão abaixo , onde se analisa a produção de n tipos de peças diferentes , sendo m a quantidade mantida de cada peça . Essa expressão é dada por :

$$T_T = \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^p [m_i (T_{PRi} + T_{Ci})] + \sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^p (T_{Si} + T_{li,i+1} + T_{Ei,i+1}) \quad (1)$$

Nesta expressão observa-se que :

T_{PR} = Tempo de Processamento básico de 01 peça, relacionado com as condições tecnológicas de manufatura (usinagem , conformação plástica , tratamento térmico , etc) .

T_C = Tempo de Carga e Descarga de 01 peça , relacionado com o tipo de carga e descarga que se tenha nos sistemas de manufatura (manual , esteira , robo , etc) .

T_{S_i} = Tempo de montagem (*set-up*) da máquina, o qual relaciona-se com as condições tecnológicas da máquina que compõem o centro de trabalho e também com as condições organizacionais da empresa .

T_T = Tempo de Transporte de uma peça para a próxima estação de trabalho, também relacionado tanto com as condições tecnológicas existentes como as condições organizacionais da empresa .

T_E = Tempo de Estocagem da peça após a operação na estação de trabalho .

p = número de operações de trabalho por peça

Tomando como base a análise de Merchant [1977] e a formulação proposta por Agostinho [1989], ter-se-á para um sistema convencional de manufatura , as seguintes prováveis participações no Tempo Total de Manufatura :

$$a) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p [m_i (T_{PR,j} + T_{C_j})] = 5\% \text{ de } T_T$$

$$b) \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^p (T_{S_i} + T_{d,i,j+1} + T_{E_{i,j+1}}) = 95\% \text{ de } T_T$$

Dessa forma , qualquer medida a ser tomada visando o aumento da produtividade, em um sistema convencional de manufatura que apresenta a situação descrita anteriormente , deveria atingir duas áreas principais :

- a primeira relaciona-se com o tempo em processo das peças , o qual por apresentar-se elevado causa a manutenção de altos inventários de peças inacabadas no chão de fábrica e de peças acabadas aguardando outras peças serem terminadas para que se possa efetuar qualquer montagem . Uma diminuição neste inventário , resultaria positivamente na redução de capital indireto e de custos de mão-de-obra envolvidos .
- a segunda área relaciona-se com o tempo de utilização de máquinas , o qual poderia ser aumentado partindo-se para o desenvolvimento e implementação de um sistema de manufatura integrado , buscando-se uma diminuição de tempos de posicionamento de ferramenta , carga e descarga , manutenção , filas , transporte , estocagem , etc .

Medidas no sentido de se caminhar para modificações nas estruturas de manufatura até então existentes , foram vislumbradas em 1976 em pesquisa conduzida pelo CIRP , onde apresentaram-se as seguintes principais áreas de atuação :

- Área de Educação e Treinamento

- Área de Sistemas de Pesquisas e Desenvolvimento
- Área de Sistemas de Projetos
- Área de Políticas Públicas

Merchant [1977] descreve algumas medidas a serem adotadas em cada área, evidenciando que o caminho para outro tipo de sistemas de manufatura já era um consenso.

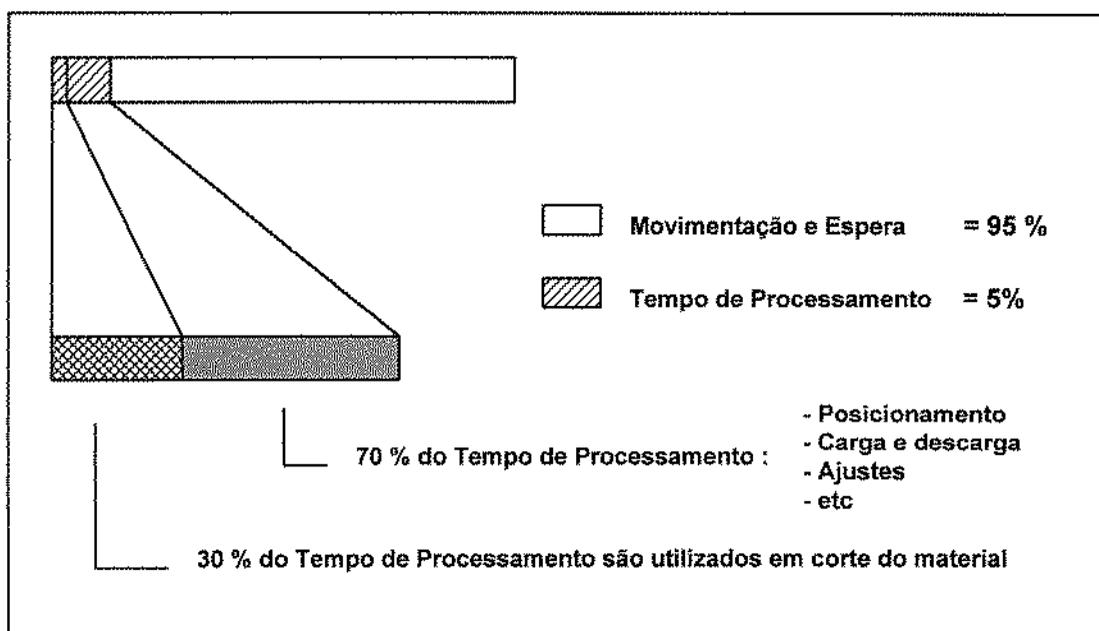


FIGURA 1 : Composição dos Tempos Totais de Usinagem , segundo Merchant [1977]

2.3 - Caracterização dos Sistemas de Manufatura

2.3.1 - Características Gerais

Existem vários critérios nos quais é possível caracterizar um sistema de manufatura , de acordo com os tipos de sistemas de produção utilizados . Dentre os sistemas de produção , pode-se utilizar os mais diferentes critérios para diferenciação , sendo que segundo Burbidge [1988] , os mais empregados são :

- Volume de produção : produção em massa , produção em pequena escala , etc.
- Diversificação de Produtos : produtos distintos , produtos semelhantes , produtos específicos , etc .
- Tipo de Produto : produtos siderúrgicos , produtos eletrônicos , produtos químicos , etc.
- Tipo de Processo : mecânico , químico , etc.
- Tamanho do Produto : grandes , médias , pequenas dimensões .
- Tipo do Sistema de Produção : impositiva , explosiva , de processo , etc .

Apesar de serem certamente classificatórios , esses critérios analisam de forma muito abrangente os sistemas de produção , deixando porém de avaliar um ponto importante dos sistemas produtivos : o fluxo de materiais através da fábrica .

O conceito de fluxo de materiais , o qual relaciona-se com o *lay-out* industrial, é um conceito de grande importância para a caracterização do sistema produtivo , bem como para o controle destes sistemas . É nesse sentido que se aplica o conceito de que " a maior eficiência da produção é obtida quando os materiais fluem ao longo da fábrica, através do menor número de caminhos e com a menor quantidade de fluxos opostos " [Burbidge,1988] .

Dessa maneira , analisando a importância que o fluxo de materiais assume no ambiente de manufatura , existem classificações de tipos de produção baseadas nas diferenças existentes nos fluxos , sendo que as principais características podem ser delineadas da seguinte maneira :

a) Tipos de Sistemas de Fluxo :

a.1) Sistemas de Fluxo Linear

a.2) Sistemas de Fluxo por Grupo

a.3) Sistemas de Fluxo Funcional

b) Variáveis de Fluxo de Materiais :

b.1) Quantidade por Lote e Frequência de Produção por Lote

b.2) Ciclo Simples ou Ciclo Múltiplo

b.3) Fase Simples ou Fase Múltipla

Burbidge [1988] classifica em sete os principais tipos de sistemas produtivos , em função das variáveis com relação ao fluxo de materiais . Os tipos classificados são :

1. Produção em Linha
2. Produção em Linha por Lote
3. Produção em Lotes por Grupo
4. Produção Funcional em Lotes por Grupo
5. Produção em Linha Sob Encomenda
6. Produção por Grupo Sob Encomenda
7. Produção Funcional Sob Encomenda

Uma descrição genérica de cada um dos sistemas produtivos é dada a seguir:

- **Produção em Linha** : caracteriza-se principalmente pelo uso do *lay-out* linha e da minimização da quantidade em transferência . Neste tipo de produção os centros produtivos são deixados permanentemente preparados , o que define duas situações: frequência das preparações e corridas baixas ; frequência das transferências altas , uma vez que as máquinas são adjacentes, sendo as quantidades de transferências usadas de acordo com a velocidade de processamento . Esse tipo de produção é utilizado na usinagem de materiais e em montagem .
- **Produção em Linha por Lotes** : caracteriza-se por uma minimização acentuada na quantidade de transferência , sem contudo atingir o nível de produção em linha . As necessidades totais para todos os componentes é o fator balanceador das capacidades dos diferentes postos das linhas . No entanto , isso não impede a formação de estoques de material em processo nas máquinas , dada variações na capacidade necessária para diferentes componentes em diferentes postos da linha . A produção em linha por lotes caracteriza-se também pela utilização de famílias de peças ou itens similares com projetos definidos , os quais são planejados para usar as mesmas máquinas ou linha de montagem na mesma sequência . Dessa forma , exemplos característicos deste tipo de produção são as linhas de usinagem que produzem uma família de componentes similares, os quais utilizam as mesmas máquinas na mesma sequência .
- **Produção em Lotes por Grupo** : em geral caracteriza-se pela impossibilidade de altas frequências de transferência como verificado na

produção em linha . Apresenta um *lay-out* tipo grupo , sendo que no caso de operações de usinagem para cada componente da família , efetua-se o controle por um só supervisor o que torna possível o início de algumas operações sem que a operação precedente tenha sido terminada .

- **Produção Funcional em Lotes** : esse tipo de produção apresenta baixas taxas de rotatividade de estoques , devido principalmente ao uso de *lay-out* funcional , o que incorre em uma complexidade administrativa , tornando-se necessário fixar os mesmos valores para as quantidades por ordem , por preparação , e de transferência para cada componente fabricado .
- **Produção em Linha Sob Encomenda** : é um tipo no qual o projeto do produto é aleatório , sendo conhecido sómente quando do recebimento do pedido do cliente . Dependendo do caso , pode ainda utilizar-se a produção em linha balanceada , e recursos tais como horas extras variáveis para diferentes partes da linha , o que pode garantir o balanceamento e minimizar o estoque entre os postos .
- **Produção por Grupo Sob Encomenda** : utiliza-se o *lay-out* em grupo , sendo cada centro equipado para produzir um tipo geral de produto que exija os mesmos recursos produtivos .
- **Produção Funcional Sob Encomenda** : utiliza o *lay-out* funcional , tendo as características da produção sob encomenda .

A TABELA 1 indica as principais características de cada sistema produtivo .

2.3.2 - Sistemas Convencionais de Manufatura

Os chamados Sistemas Convencionais de Manufatura (SCM) são os tipos de sistemas de manufatura cujas características técnicas , organizacionais e filosóficas se inserem dentro de um contexto típico dos sistemas produtivos da década de 1950 . Como características delineadoras de um SCM poderia-se citar :

- a linha de produção emprega equipamentos de propósitos gerais (mais conhecidos como universais) , os quais necessitam de maiores tempos de ajustagem quando da mudança para a produção de tipos diferentes de peças . Os operadores dos equipamentos utilizados nos SCM são altamente especializados na operação de um determinado tipo de equipamento .

- o fluxo de produção caracteriza-se por tempos maiores e constantes da produção , onde o *lay-out* é adaptado para montagem em máquinas monofuncionais .

- a arquitetura dos equipamentos é normalmente dimensionada para o serviço completo de poucas variações do produto .

- os processos são em geral contínuos e com tempos de ajustagem longos, embora os custos destas operações possam ser diluídos em função do grande número de peças a serem produzidas .

Goldhar & Jelinek [1985] estabelecem aspectos do SCM com relação a tres estruturas: estrutura de manufatura , estrutura organizacional e estrutura econômica . As TABELAS 2 , 3 e 4 indicam características e aspectos para cada tipo de estrutura analisados dentro de um SCM .

TABELA 1 : Características dos Principais Tipos de Produção [Burbidge,1988] .

Tipos	Sistemas de Fluxo	Frequência por Lote				Ciclos de Emissão de Ordens	Fase de Emissão de Ordens	OBS
		Emissão de Ordens	Corrida	Transporte	Preparação			
Produção em Linha	Linha	-	Baixa	Muito Alta	Baixa	Simples	Simples	Linha por Componentes
Produção em Linha por Lotes	Linha	-	12-100 por ano	Alta	Igual à da corrida	Simples	Simples	Linha por Família
Produção em Lotes por Grupo	Grupo	-	12-48 por ano	Alto	Igual à da corrida	Simples	Simples	Grupo por Família
Produção Funcional em Lotes	Funcional	-	1-12 por ano	Igual à da corrida	Igual à da corrida	Multi	Multi	-
Produção em Linha sob Encomenda	Linha	Igual à do Cliente	Igual à da Emissão de Ordens	Alta	Igual à da Emissão de Ordens	-	-	Linha por Família
Produção por Grupo sob Encomenda	Grupo	Igual à do Cliente	Igual à da Emissão de Ordens	Alta	Igual à da Emissão de Ordens	-	-	Grupo por Família
Produção Funcional sob Encomenda	Funcional	Igual à do Cliente	Igual à da Emissão de Ordens	Igual à da Emissão de Ordens	Igual à da Emissão de Ordens	-	-	-

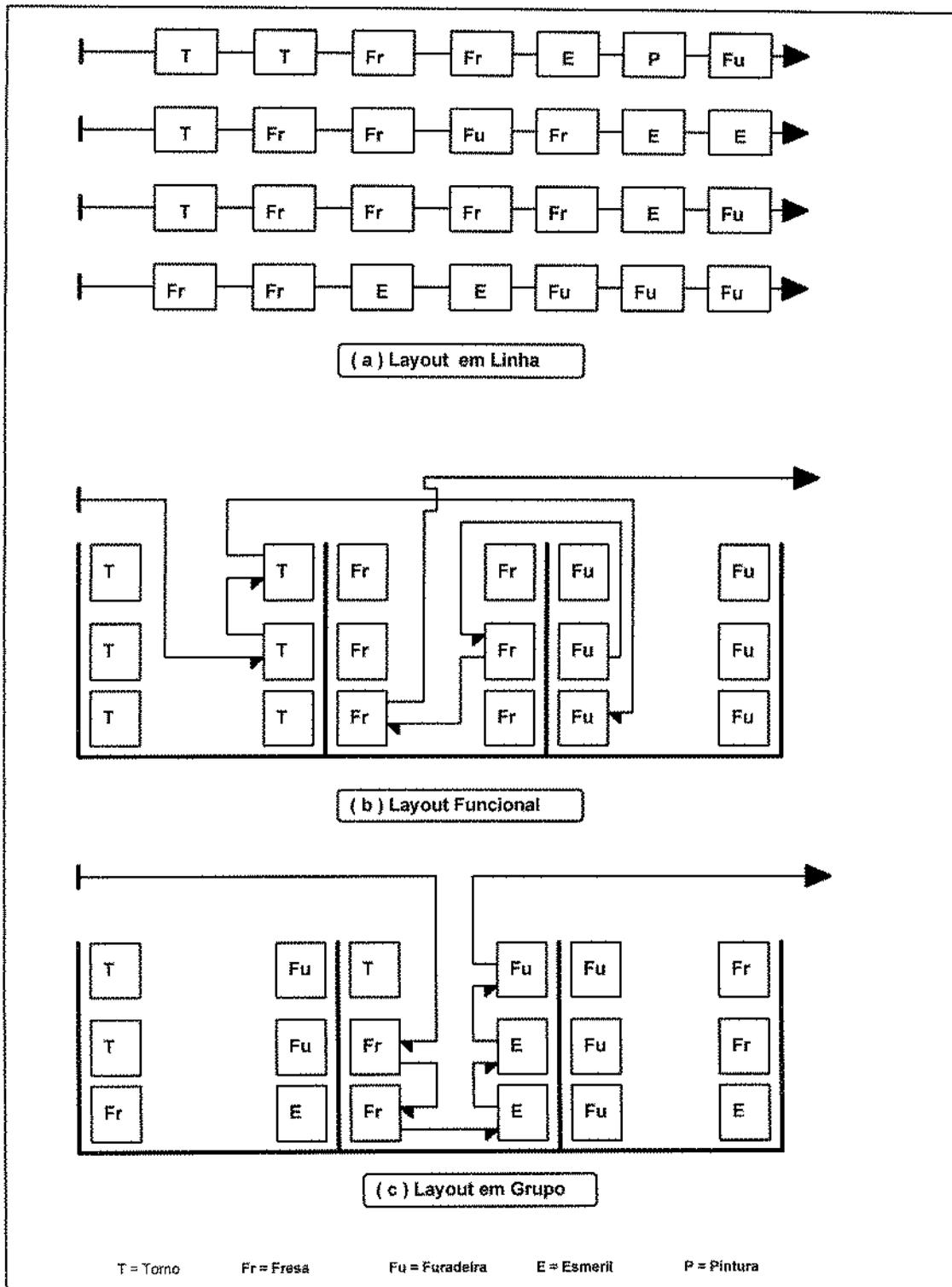


FIGURA 2 : Tipos de Layout [Burbidge,1988] .

TABELA 2 : Aspectos da Estrutura de Manufatura [Goldhar & Jelineck, 1988].

Características	Sistemas Convencionais de Manufatura
- Lead-Time	- Longo (semanas)
- Tempo de Set-Up	- Longo (horas)
- Tamanho dos Lotes	- Grande , com orientação pelo nível de estoques
- Tempo Total de Manufatura	- Longo , sendo que as tarefas de movimentação podem causar paralização do sistema
- Refugo	- Alto

TABELA 3 : Aspectos da Estrutura Organizacional [Goldhar & Jelineck, 1988].

Características	Sistemas Convencionais de Manufatura
- Administração	- Centralizada
- Estrutura Fabril	- Grandes Plantas
- Linhas de Produção	- Balanceadas
- Fluxo de Materiais	- Constante
- Alterações do Produto	- Baixas modificações e alta estabilidade
- Inventário	- Alto , atuando como amortecedor
- Sistema de Produção	- Em massa

TABELA 4 : Aspectos da Estrutura Econômica [Goldhar & Jelineck, 1988].

Características	Sistema Convencional de Manufatura
- Economia	- Escala
- Ciclo de Vida do Produto	- Baseado nas curvas de aprendizagem
- Capacitação Técnica	- Especialização de tarefas
- Natureza das Atividades	- Trabalho como atividade social
- Estrutura de Custos	- Custos variáveis separáveis
- Produtos	- Padrão
- Flexibilidade	- Investimento dispendioso

2.3.3 - Manufatura Flexível

Os Sistemas Flexíveis de Manufatura (SFM) constituem a resposta dos sistemas produtivos às inadequações verificadas nos SCM , face à nova realidade que se consolidava , cujos fatores marcantes eram :

- diminuição do ciclo de vida dos produtos , estabelecendo dessa forma um nível crescente de diversificação e/ou diferenciação destes mesmos produtos .

- procura por níveis cada vez mais elevados de produtividade e qualidade , fazendo com que novas técnicas e novos conceitos ligados às atividades produtivas fossem complementados e aperfeiçoados .

Neste contexto , uma nova ferramenta de trabalho passa a fazer parte da rotina no ambiente de manufatura : o computador .

Favorecido pela situação apresentada pela indústria de base microeletrônica [Laplane & Ferreira,1985] e pela alta velocidade de difusão com que esta tecnologia penetrava nos mais distintos segmentos de mercado [Edquist & Jacobson,1988] , sendo incorporada tanto a nível de processo como de produto final, o computador passou a desempenhar um papel importante no apoio das atividades de manufatura .

Inicia-se dessa forma a automação das atividades de manufatura , que segundo Kaplinsky [1987] pode se dar em 03 esféras distintas :

- Esféra de Projeto
- Esféra de Fabricação
- Esféra de Administração e/ou Coordenação

O autor propõem que dentro destes ambientes podem ser caracterizados 03 diferentes tipos de automação :

- **Automação Intra-Atividade** : seria considerado o estágio inicial da automação , onde se processa cada atividade específica de forma isolada . Como exemplo deste tipo de automação teríamos :

- Esféra de Fabricação : equipamentos CNC , robôs , etc .
- Esféra de Projeto : CAD

- **Automação Intra-Esférea** : estabelece a conexão de diferentes atividades dentro de uma determinada esférea . Como primeiro exemplo de automação intra-atividade poderia-se citar a linha de produção tipo fordista , introduzida no início do século , a qual representaria a automação intra-esférea de fabricação . Outros exemplos seriam

- Esféra de Fabricação : DNC (Direct Numeric Control) , FMC (Flexible Manufacturing Cells) , etc .

- **Automação Inter-Esférea** : corresponde ao nível mais avançado da automação , envolvendo a conexão e a coordenação entre as diferentes esféreas . Exemplos dessa integração de esféreas poderia-se citar :

- Esféra de Fabricação e Projeto : CAM (Computer Aided Manufacturing)
- Esféra de Fabricação-Projeto-Administração : CIM (Computer Integrated Manufacturing)

É nesse ambiente de crescente integração das atividades produtivas que surge uma trajetória no sentido de uma automação flexível da manufatura , sendo que um sistema produtivo com estas características , ou seja , um SFM teria os seguintes aspectos :

- equipamentos que necessitem de menores tempos de ajustagem , sendo a produção orientada para lotes de pequenos números de peças . A qualificação técnica dos operadores de equipamentos neste tipo de sistema produtivo , dá-se de maneira a formar um profissional multidisciplinar , sendo capaz de operar mais de um tipo de equipamento .

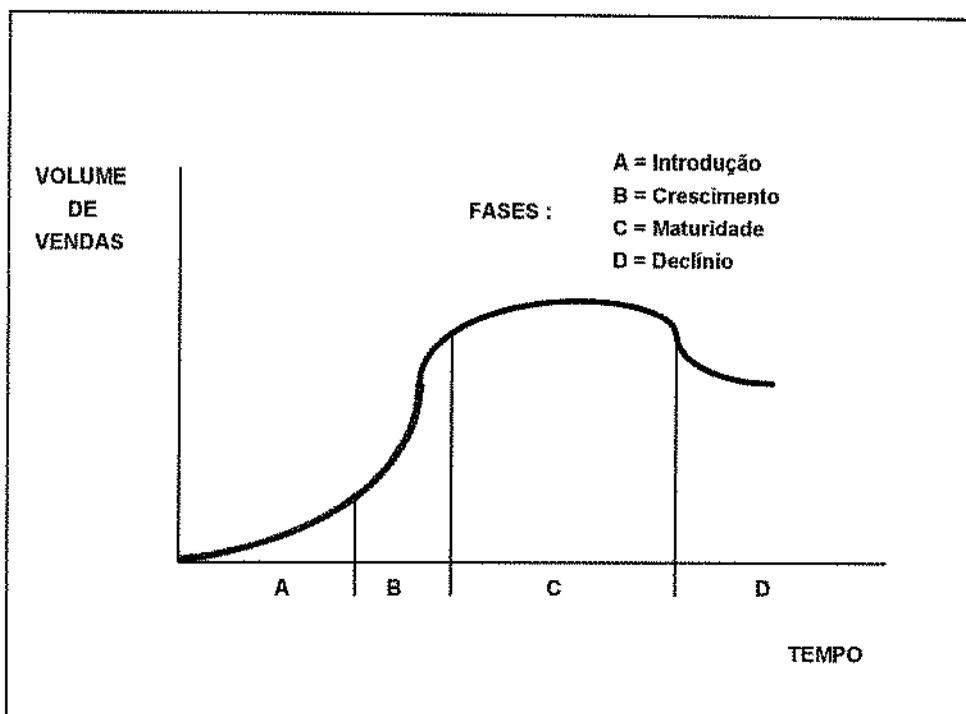


FIGURA 3.a : Curva de Ciclo de Vida de um Produto [Guimarães,1989]

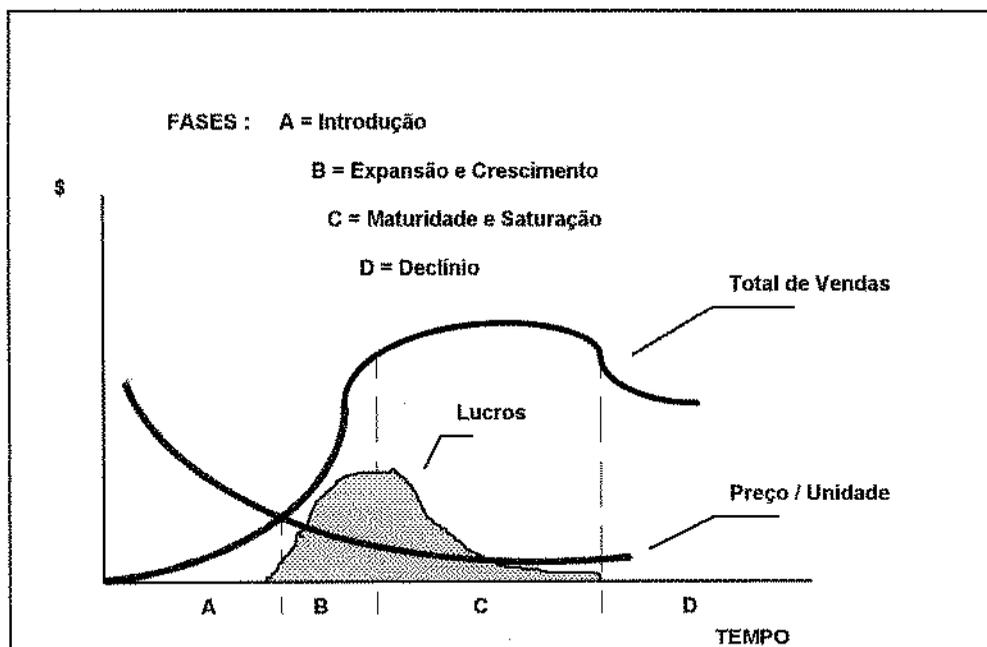


FIGURA 3.b : Ciclo de Vida do Produto comparado com outras Variáveis [Bacic,1981] .

- a arquitetura dos equipamentos geralmente ocorre de modo que se possa produzir pequenos lotes de sub-montagens de um produto final ou pequenos lotes de variações de um produto . Neste sentido os equipamentos tem de ser mais flexíveis, ou seja , desempenhar mais de uma função com tempos menores e de frequências variáveis .
- apesar dos tempos de ajustagem serem menores , ocorre uma maior frequência de montagens e desmontagens do equipamento .

Assim , segundo Goldhar & Jelinek [1988] , pode-se estabelecer aspectos e características relacionadas às estruturas de manufatura , organizacional e econômica em que se insere um SFM . As TABELAS 5 , 6 e 7 indicam as principais caracterizações com relação a este sistema de manufatura .

TABELA 5 : Aspectos da Estrutura de Manufatura [Goldhar & Jelineck, 1988].

Características	Sistema Flexível de Manufatura
- Lead-Time	- Curto (horas)
- Tempo de Set-Up	- Curto (minutos)
- Tamanho de Lotes	- Pequeno , orientado por pedidos de clientes
- Inventário em Processo	- Baixo
- Tempo Total de Manufatura	- Curto , podendo orientar tarefas em movimento
- Refugo	- Baixo , política do zero defeito

TABELA 6 : Aspectos da Estrutura Organizacional [Goldhar & Jelineck, 1988]

Características	Sistema Flexível de Manufatura
- Administração	- Descentralizada
- Estrutura Fabril	- Capacidade desagregada
- Linhas de Produção	- Flexíveis
- Fluxo de Materiais	- Possibilidade de variações
- Alterações do Produto	- Constante variação
- Inventário	- Baixo
- Sistema de Produção	- Em lotes

TABELA 7 : Aspectos da Estrutura Econômica [Goldhar & Jelineck, 1988]

Características	Sistema Flexível de Manufatura
- Economia	- Escopo
- Ciclo de Vida do Produto	- Truncado
- Capacitação Técnica	- Multicapacitação
- Natureza das Atividades	- Sistemas automatizados
- Estrutura de Custos	- Custos em Comum
- Produtos	- Variáveis
- Flexibilidade	- Investimento Lucrativo

2.4 - Fatores Envolvidos na Transição de Um Sistema Convencional de Manufatura para uma Manufatura Flexível

2.4.1 - Estrutura Econômica e de Custos : Economia de Escala x Economia de Escopo .

Como já citado anteriormente , uma das mais marcantes significativas do processo de desenvolvimento tecnológico , é o rápido florescimento e difusão de tecnologias com base microeletrônica .

Essa situação permite o alcance das possibilidades atingidas na microeletrônica em : produtos , processos , serviços e organizações das mais variadas , favorecendo uma estratégia de diferenciação e/ou diversificação dos produtos .

Diante deste panorama , Caulliraux [1989] verifica : " ... a possibilidade de estarmos diante de uma caracterização mais universal do atual conjunto de atividades estratégicas na indústria . " Dentre estas atividades agentes no processo competitivo entre as indústrias pode-se citar a caracterização do que se denomina de **economias de escala e economias de escopo**.

De maneira sucinta , poderia-se definir a **economia de escala** como um modelo centrado no volume de produção de um dado produto , tendo os seus custos diluídos com o aumento do volume de produção . Ou , segundo Porter [1980] , que define a economia de escala como uma das principais barreiras de entrada em determinadas indústrias , pode-se defini-la como : " ... economias que se referem aos declínios nos custos unitários de um produto (ou operação que entra na produção de um produto) , à medida que o volume absoluto por período aumenta " .

Quanto à **economia de escopo** , a lógica vingente seria a de se operar baseado em uma produção diversificada de produtos , na qual os custos dessa produção seriam tanto mais diluídos quanto maior fosse a diversidade de produtos fabricados .

Essa modificação estrutural no aspecto econômico da base produtiva , pode afetar de sobremaneira o sistema de manufatura , implicando dessa forma em mudanças na estratégia competitiva que as empresas poderiam adotar .

Segundo Goldhar & Jelinek [1983] , nenhuma transição de economia de escala para economia de escopo poderia ser aventada sem que antes fossem redefinidas ou mencionadas novas possibilidades , tais como :

- **Flexibilidade Extrema** : devera existir tanto a nível de desenho do produto quanto ao *mix* de produção , o qual permitiria uma grande variedade de desenhos específicos dentro de uma razoável família de opções , incluindo também alternativas relacionadas a novos materiais .

- **Rápida Resposta** : devera ser possível operar com mudanças que possam ocorrer a nível de : demanda do mercado , desenho do produto , *mix* da produção , taxas de produção e alocação de equipamentos .
- **Controles mais Rígidos** : deverão permitir operar com maior acuracidade e repetibilidade dos processos , situação esta que levara a produtos de melhor qualidade e operações de maior confiabilidade .
- **Perdas Reduzidas** : aumentando-se os custos de manutenção preditiva .
- **Maior Previsibilidade** : devera existir em todas as fases que envolvam operações e informações do sistema de manufatura , situação que possibilitaria um gerenciamento e controle mais intensivo .
- **Tempos de Fabricação mais Rápidos** : possibilitarão o uso mais adequado de equipamentos ; diminuição do inventário em processo ; diminuição das interrupções (falta de material , paralizações de máquinas , etc) . Outro aspecto neste sentido é a viabilidade do emprego de sistemas de sensoamento e controle de máquinas através de *softwares* de monitoramento do processo .
- **Capacidade de Processamento Distribuido** : tornarão possível a codificação de informações de processos , bem como a sua reprodução e distribuição através de sistemas computacionais específicos .

Dentre estes fatores , um dos que alcançam maior projeção mas que não foi mencionado anteriormente, refere-se à **estrutura de custos de produção** . As técnicas vigentes de análise de custos , baseadas em critérios de produtividade que avaliam os custos por unidade produzida , falham em refletir os custos de oportunidade e de natureza estratégica , que constituem uma das características centrais dos SFM .

Bela Gold [1982] discutiu este problema , acrescentando que : " ... a real promessa de utilização de tais tecnologias (SFM) não esta na sua utilização como outra tecnologia qualquer , mas talvez em um uso mais imaginativo do que o atual onde uma máquina ferramenta constitui um ponto solitário em um processo de produção imutável " .

Ainda segundo o referido autor , um dos principais temores na adoção de SFM repousaria no fato de uma mudança na taxa relativa de custos de fabricação , divididos em : custos variáveis e custos fixos .

Essa classificação de custos variáveis e fixos é usualmente utilizada , sendo que procura considerar a relação entre os custos e o volume de atividade em uma unidade de tempo [Martins,1993] .

A literatura econômica é ampla [Junior,1977 ; Ferguson,1977 ; Bacic,1988] na definição e conceituação de custos variáveis e custos fixos . De maneira geral , poderia-se defini-los da seguinte forma:

- **Custos Fixos** : são aqueles custos que tendem a permanecer invariáveis, independentemente do volume de produção . Dessa forma , mesmo com a paralização do sistema produtivo , estes custos ainda continuariam existindo . Fundamentalmente , 03 grandes grupos compõem os custos fixos : materiais indiretos , salários indiretos e despesas indiretas. Poder-se-ia citar como exemplos : salários de gerentes , depreciação de equipamentos , juros sobre capital imobilizado , etc .

- **Custos Variáveis** : são os custos que se alteram com o processo produtivo e dividem-se em 03 grandes grupos : materiais diretos , salários diretos e despesas diretas . Como exemplo , poderia-se citar : gastos com matéria-prima , gastos de energia elétrica consumida durante o processo produtivo , salários de mão de obra direta , etc .

O principal questionamento por parte dos empresários , residiria na possibilidade de uma alteração da taxa relativa de custos fixos / custos variáveis , fazendo com que ocorresse um aumento desta taxa , implicando dessa forma em uma redução de flexibilidade dos custos totais [Bela Gold , 1988] .

No entanto , segundo acrescenta Bela Gold [1988] , esta hipótese poderia ser descartada baseada nos seguintes fatores :

- taxas de depreciação que levassem em consideração o grau de utilização dos equipamentos . A maioria dos métodos de cálculo da taxa de depreciação (taxa constante , soma dos dígitos , linear , etc) tomam em geral uma taxa média constante em um período de tempo , sendo que esta sistemática convencional enfoca a depreciação como um fator meramente contábil , ao passo que o adequado seria avalia-la também como um fator economico dependente do mercado em que a empresa se insere . Segundo o autor , algumas empresas já passaram a utilizar esta nova sistemática , depreciando seus equipamentos em taxas fixas por hora de operação .
- mudança no sentido de avaliar custos de treinamento de pessoal em tecnologias relativas aos SFM como parte das despesas gerais , assim como despesas de pesquisa e desenvolvimento , engenharia , etc . O convencional em muitas empresas é a contabilização destas atividades como custos relativos à mão de obra , os quais já apresentam uma certa rigidez à queda em função de horas não trabalhadas (feriados , folgas de escala , afastamento por doenças , pagamentos de pensões , etc) .
- as inovações tecnológicas tem feito com que ocorra uma contribuição produtiva mais eficiente por parte dos bens de capital do que por parte da mão de obra , situação esta que por si só já favoreceria a implantação dos SFM.

A FIGURA 4 mostra uma comparação entre diferentes tecnologias de manufatura e consequências de adoção .

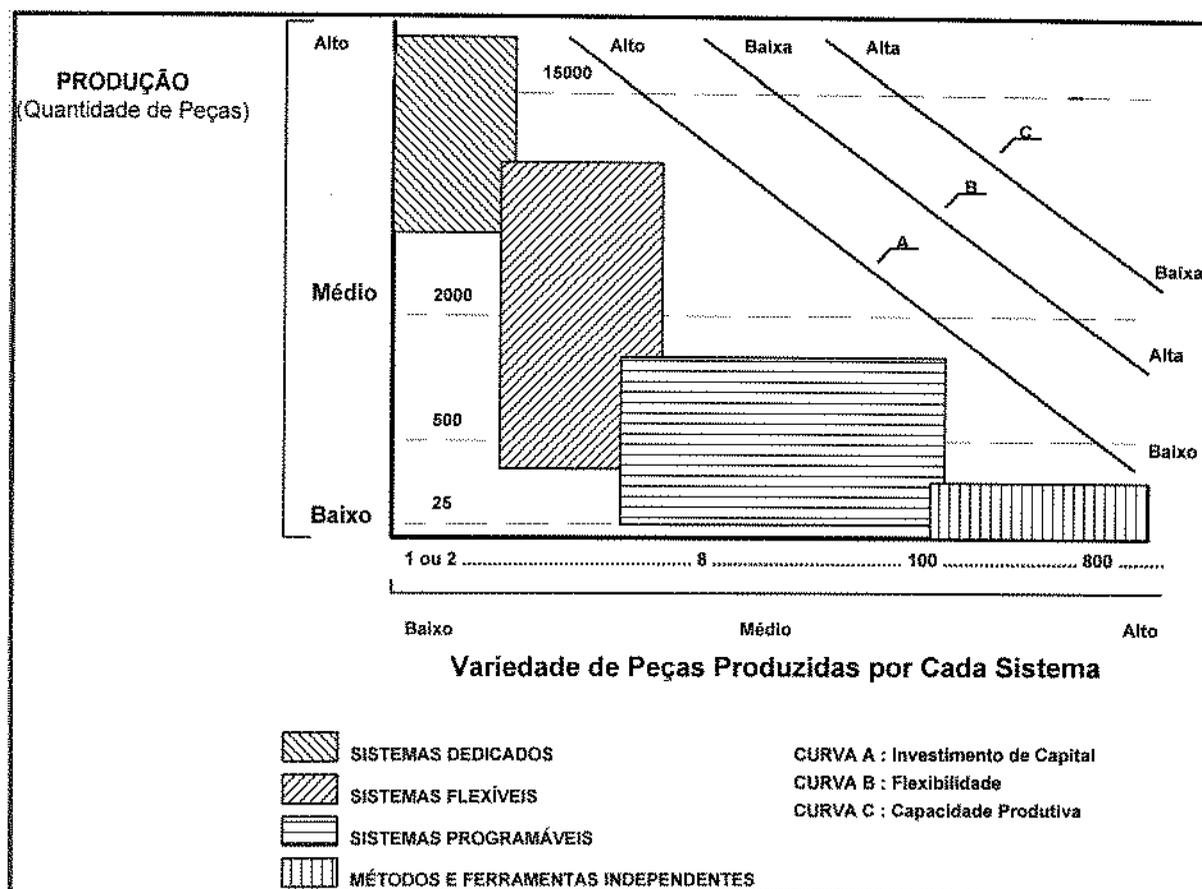


FIGURA 4 : Comparações entre diferentes tipos de tecnologias de Manufatura [Goldhar & Jenineck,1983] .

2.4.2 - Estrutura Organizacional da Empresa : Estrutura Convencional x Estrutura Flexível .

Foi destacado anteriormente a importância da adequação da estrutura de manufatura da empresa com a estrutura econômica no qual ela se insere . Essa adequação possibilitaria mudanças na estratégia competitiva da empresa face às necessidades de mercado .

No entanto , esse não é o único fator a ser levado em consideração para a elaboração desta estratégia competitiva , pois a estrutura organizacional da empresa também constitui um importante fator na fundamentação de uma estratégia competitiva.

Alguns autores [Caulliraux & Proença,1989 ; Menezes,1989 ; Plonsk,1989] citam a importância de uma estrutura hierárquica ágil , onde as informações possam circular com facilidade e que haja espaço para o exercício da criatividade . Essa situação propiciaria uma administração descentralizada , tendo uma coordenação dos trabalhos efetuadas a nível de corporação , prevalecendo uma sinergia de trabalhos .

Essa não tem sido , contudo , a forma utilizada pelas organizações que tem se caracterizado há muito tempo em formas típicas de agrupar empregados , colaboradores e recursos produtivos em unidades para que possam ser administrados . Os critérios

utilizados para tal separação são os mais variados , podendo ser utilizados concomitantemente , sendo que os principais tipos de agrupamento se dão por :

- funções desempenhadas pelas pessoas
- localização geográfica
- similaridade de processos produtivos
- tipos de clientes atendidos
- produtos fabricados e/ou comercializados
- período e/ou turno de trabalho

Essas estruturas convencionais , já consagradas através dos tempos pela sua constante utilização , não podem por si só atender satisfatoriamente características dinâmicas exigidas na condução de um SFM , sendo que segundo Menezes [1989] , dentre as causas deste rendimento insatisfatório poderia-se citar :

- elevado grau de formalização
- especialização existente em cada órgão
- comunicação unicamente vertical
- princípio de unicidade de comando

Dessa maneira , na transição de um SCM para um SFM , torna-se primordial o desenvolvimento de novas formas de estruturas organizacionais que possibilitem atingir os seguintes objetivos :

- evolução para formas melhores de departamentalização , distribuição de recursos e agrupamento de pessoas .
- formação eclética na capacitação e habilitação do corpo técnico para a condução de atividades que exijam múltiplos conhecimentos .
- possibilidade de ocorrência de múltiplos comandos , coordenados criteriosamente , para o atendimento das mais diversas necessidades .
- comunicação interpessoal mais agilizada , onde existam além da forma vertical, as formas horizontal e diagonal de comunicação .

Uma forma de estrutura onde tais características podem ser encontradas é a **Estrutura Matricial** , abordada por Menezes [1989] , que combina pontos positivos de outros dois tipos de estruturas que são : estrutura funcional e estrutura por projetos . A estrutura Matricial , apesar de apresentar uma forma complexa (vide FIGURA 5) , consegue um aumento da eficiência na utilização e obtenção de resultados .

Um ponto a ser criteriosamente dimensionado na estrutura matricial é o sistema de comunicação a ser implantado , o qual devera ter como função a observação de ocorrências, codificando-as para que possam ser padronizadas e transmitidas para um órgão de processamento . Também devera possibilitar que tais informações possam ser

compiladas e armazenadas para a montagem de um banco de dados de uso coletivo . A FIGURA 6 mostra a estrutura de um sistema de informações desejável em um SFM , sendo que o próximo ítem abordara com maiores detalhes a estrutura de informações do sistema produtivo.

2.4.3 - Estrutura de Informações nos Sistemas Produtivos

O sistema de informações constitui , segundo Plossl [1988], uma das áreas onde é necessário concentrar esforços no sentido de se alterar as estruturas de manufatura existentes , visando a transição para um SFM .

O autor faz uma descrição da evolução do sistema de informações nas estruturas de manufatura , caracterizando-o desde o início do século , sendo que os pontos principais são :

- no início do século , os sistemas de informações foram confinados aos esboços de projetos , arquivos , fichários , etc . O controle de inventário constituía-se então de 03 técnicas principais : registro de cargas de máquinas (1910) , fórmula da quantidade de ordem econômica (1915) e fórmula estatística de estoque de segurança (1934) .
- esta situação perdurou até o início dos anos 50 , quando o advento dos computadores iniciou uma mudança na estrutura do sistema de informações . Nos anos 60 , as técnicas de contabilidade foram informatizadas e os computadores já provavam eficácia no ambiente de manufatura com a introdução de controles eletrônicos de processo e máquinas controladas numericamente .
- por volta da metade dos anos 70 , foram desenvolvidos sistemas de controle de manufatura e de planejamento das necessidades de materiais (MRP) . O computador passava a auxiliar o planejamento da manufatura e o controle da produção , sendo que no final da década de 70 provou-se a possibilidade de um sistema integrado de planejamento e controle da manufatura (MRP II) .
- a revolução no sistema de informações persistiu , e na década de 80 o que se verificou foi a abertura dos mercados para os computadores pessoais (PC) . A crescente evolução na qualidade destes produtos aliada à queda nos preços , fez com que a sua utilização se disseminasse e acabasse por envolver todo o sistema de manufatura . Verificasse dessa forma uma trajetória no sentido de sistemas integrados de informações através do estabelecimento de redes locais de comunicação (LAN - Local Area Network) no ambiente de manufatura .

A despeito dos problemas oriundos da introdução do computador no ambiente de manufatura , não se pode negar a realidade do uso cada vez crescente de soluções , as quais tem como base técnicas computacionais .

Plossl [1988] , coloca a integração do sistema de informações como uma das necessidades para que se possa atingir o correto controle do ambiente de manufatura , fazendo com que este sistema de informações possua , tanto a nível de *hardware* como de *software* , condições de suportar todas as necessidades dos departamentos a nível de

informações . Para o autor , um sistema integrado de manufatura passa por um compartilhamento tanto das informações como do acesso a estas informações , sendo necessário para isto :

- levar em consideração no sistema as " ilhas de automação" .
- interconectar ao sistema de informações o controle de processos e de materiais
- garantir o acesso de computadores pessoais à rede central
- utilização nos sistemas CAD/CAM de funções de processamento de listas de materiais , planejamento do processo assistido por computador (CAPP) , dados de controle de materiais , dados de capacidades de máquinas e dados relativos às tecnologias de grupo .

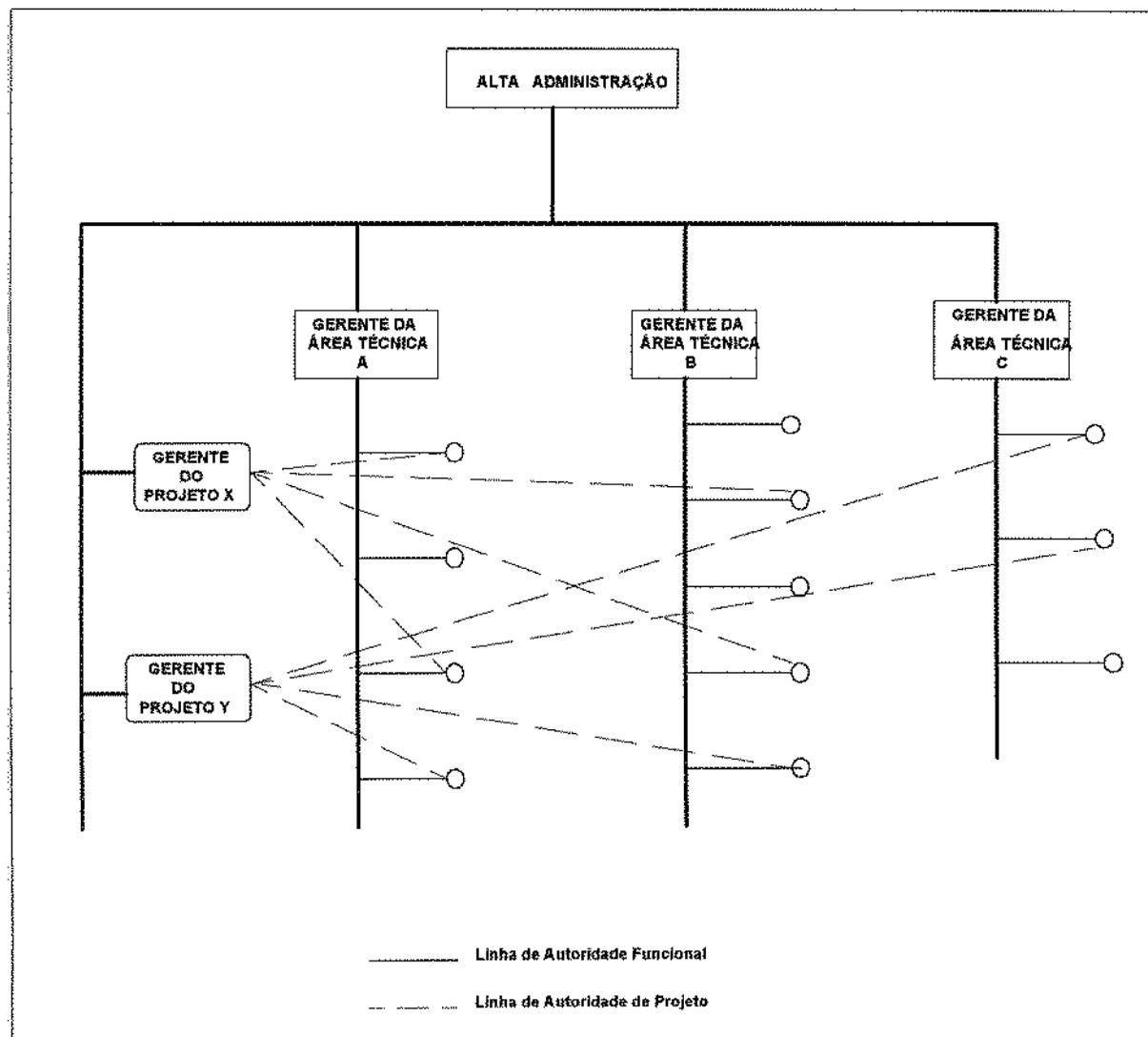


FIGURA 5 : Esquema de uma Estrutura Matricial [Menezes,1988] .

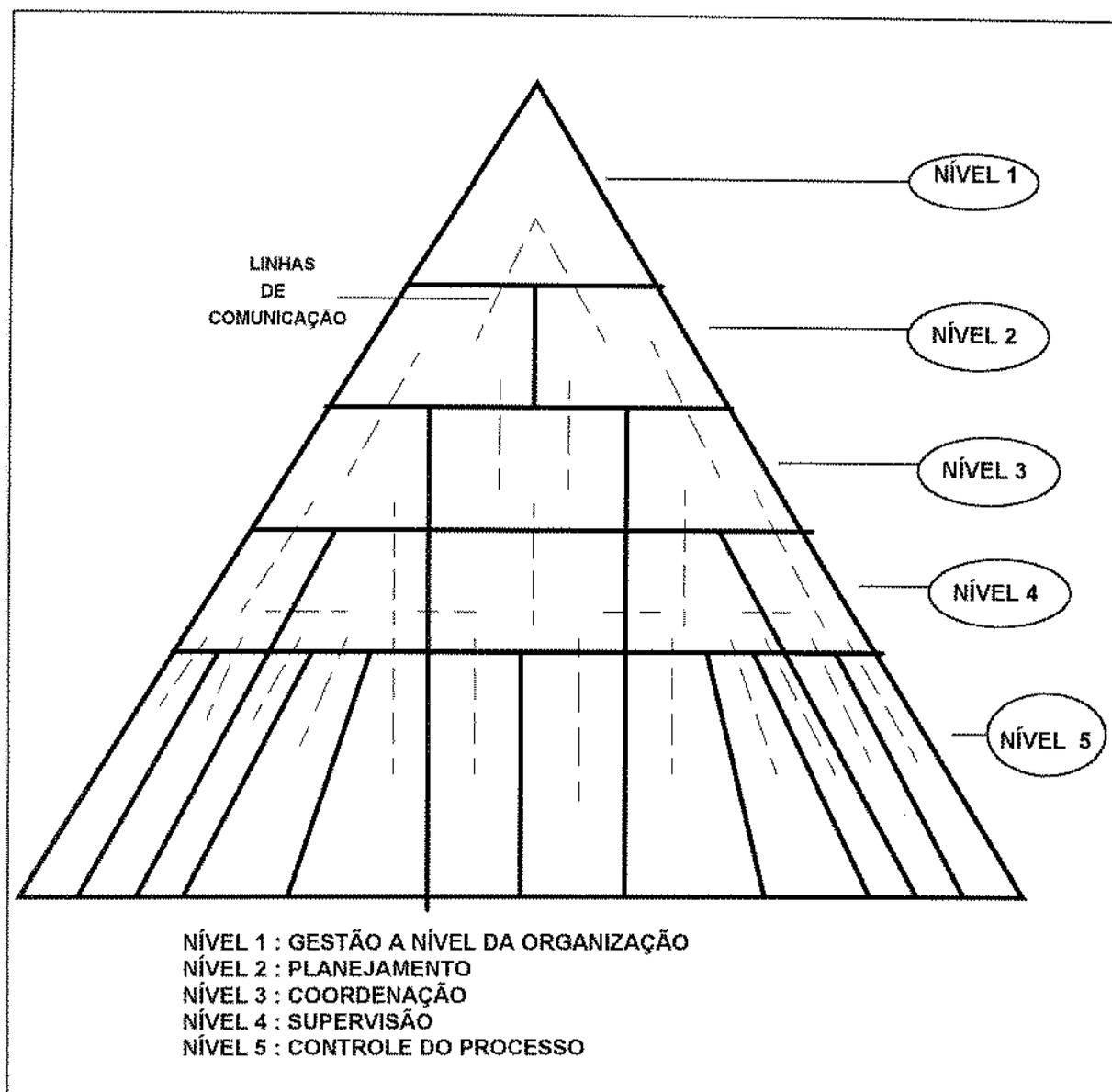


FIGURA 6 : Estrutura do Sistema de Informações [Menezes,1988] .

2.4.4 - Estrutura Gerencial

Nos itens anteriores analisou-se aspectos importantes na transição de um SCM para um SFM . Contudo , um dos aspectos restantes reside no fato de analisar quem promovera essa transição , recaindo dessa forma uma importante tarefa à função gerencial da empresa .

Vários autores tem destacado a importância de uma estrutura gerencial adequada e qualificada para a análise de aspectos relacionados ao emprego de novas tecnologias . Goldhar & Jelineck[1983] sugere que : " ... uma das maiores barreiras para o uso de novas tecnologias é a falta de compreensão do impacto destas tecnologias na

estratégia da empresa". Plossl [1988] revela que : " ... a eficiência da manufatura e a efetividade do gerenciamento devem ser centrais para corporificar a estratégia da empresa". Kaplan [1984] descreve a necessidade de se analisar outros fatores ligados ao ambiente da manufatura , os quais denomina de " aspectos não-financeiros".

Dentro deste senso comum de analisar outros parâmetros para um controle e acompanhamento do ambiente de manufatura , cabe à estrutura gerencial determinar tais fatores e aplica-los , visando eliminar resoluções que sejam inadequadas à cultura da empresa . Nesta perspectiva, 03 fatores assumem um papel importante :

a) Fatores Estratégicos : a experiência do corpo gerencial em vários departamentos da empresa é fundamental para um planejamento estratégico efetivo . Enquanto um executivo americano tem uma média de experiência de 1,6 departamentos em sua empresa , os executivos japoneses apresentam uma média de 07 departamentos [Plossl,1988] . Os planos estratégicos bem conduzidos podem proporcionar ganhos potenciais pela eliminação de inventários , otimização do uso de ferramental e eliminação de erros de projeto através de técnicas de simulação [Goldhar & Jenineck,1983] . No entanto o problema que se coloca , quando da análise de fatores estratégicos , é como quantificar o " valor " de determinada atividade estratégica , à medida que tal valor não tem uma quantificação explícita . Este é um dos pontos críticos da análise de transição de um SCM para um SFM , sendo que Caulliraux[1989] estabelece hipóteses atualmente consideradas , por onde pode passar a medida do " valor estratégico " :

- margem de lucro pela atividade em si , ou seja , quanto maior for o ganho associado à execução da atividade , maior sera seu valor estratégico por permitir à empresa ganhar mais com o seu agregado de atividades .
- margem de lucro propiciada pela posição da atividade no fluxo de geração do bem final , citando como exemplo uma determinada atividade que faz parte do agregado, e que no conjunto permita a apropriação por uma só empresa dos lucros de uma situação de monopólio .
- valor agregado da atividade , possibilitando que quanto maior for o agregado na execução da atividade pela empresa , maior sera o controle de sua posição estratégica frente ao mercado .
- " densidade " ou " intensidade" do esforço técnico necessário à realização da atividade, sendo que neste caso o valor estratégico estaria associado ao conhecimento técnico exigido para a referida atividade .

Dessa maneira , trata-se de buscar critérios práticos para a qualificação de atividades que realmente sejam importantes a nível estratégico para a empresa , possibilitando-a uma melhor posição competitiva no mercado .

b) Fatores Ligados à Qualidade : sendo um dos fatores altamente ligado às estratégias competitivas das empresas , é esperado um papel importante na avaliação dos SFM , de fatores ligados à qualidade . Para que se possa avaliar os impactos oriundos da implantação dos SFM na qualidade do produto final e/ou de especifica operação , é necessário uma clara definição de que vem a ser qualidade para os propósitos deste trabalho . Segundo Chen & Adam[1991] : " ... a qualidade de um produto (serviço) é o quanto apropriado estarão as especificações de projeto para a função e o uso , bem como o grau no

qual o produto (serviço) estará em conformidade com as especificações de projeto". Kaplan [1984] cita que os sistemas de avaliações para as operações de manufatura atuais devem considerar a qualidade de forma a que : " ... indicadores diretos da qualidade devem ser divulgados frequentemente para todos os níveis da organização da empresa " . A despeito de outras definições que abordem técnicas, métodos e filosofias de melhora nos níveis de qualidade , este trabalho se restringira unicamente em avaliar o impacto de critérios de qualidade nos SFM , sem que se entre no mérito de análise da obtenção de tais níveis de qualidade .

A TABELA 8 indica os potenciais benefícios a serem atingidos , com relação aos critérios de qualidade , em uma manufatura flexível .

No entanto , faz-se necessário uma avaliação dos custos envolvidos no controle de fatores ligados à qualidade . Chen & Adam [1991] , citando Crosby , indica que a qualidade pode ser medida pelos custos de qualidade dos produtos que não estão em conformidade , ou seja : " ... os custos de se fazer as coisas erradas " .

A FIGURA 7 mostra a curva dos custos totais de qualidade e seus componentes .

Os custos totais de qualidade são a soma de todos os custos associados com o controle da qualidade internos e os externos à empresa (perdas de contratos , garantias , reclamações associadas a produtos defeituosos , etc) . Estes custos podem , segundo Chen & Adam [1991] , citando Duncan , ser divididos em 02 grupos com diferentes características que são : custos de controle e custos de falha .

De maneira geral , os custos de controle envolvem atividades de medidas relacionadas à prevenção e avaliação empregues na empresa para encontrar e evitar defeitos antes que os produtos sejam enviados aos clientes . Estes custos incluem : custos de inspeções, custos do trabalho envolvidos no controle de qualidade e custos dos equipamentos de inspeção. Os custos de falhas envolvem falhas ocorridas internamente ou externamente à empresa .

Em um SFM é esperado uma melhor ordenação do processo produtivo , aliado a maiores níveis de confiabilidade do sistema , o que pode fazer com que reduzam os custos totais de qualidade . A FIGURA 8 mostra a relação da implantação de SFMs , conjugada com a acuracidade do produto e dos custos envolvidos . Nesta figura deve ater-se ao fato que o formato desta curvas esta relacionado com o investimento em SFM , e que a situação C representaria menores custos aliados a uma maior faixa de qualidade do produto, comparativamente à situação A .

c) Fatores Ligados à Produtividade : de forma genérica a produtividade pode ser definida como um conceito sistemático de conversão de entradas (*inputs*) em saídas (*outputs*) para um determinado sistema em consideração . Chen & Adam [1991] , descreve que o conceito de produtividade pode ser definido mais especificamente como saídas relativas aos quatro maiores recursos de entrada em uma empresa que são : mão de obra , capital , material e energia . Assim :

$$\text{PRODUTIVIDADE} = \frac{\text{SAÍDAS}}{\text{MÃO DE OBRA} + \text{CAPITAL} + \text{MATERIAL} + \text{ENERGIA}}$$

A produtividade definida dessa forma , estabelece um índice total . Quando analisada com relação a um , dois ou tres fatores de entrada , pode-se classifica-la como um índice parcial de produtividade . Kaplan classifica as medidas diretas de produtividade como um importante fator não-financeiro a ser analisado , citando que erros na avaliação dos fatores de entrada podem mascarar mudanças do índice de produtividade quando analisados em períodos diferentes . Cita ainda que as empresas geralmente utilizam a medida de um índice parcial de produtividade , como o valor agregado por empregado ou como a saída por hora de trabalho direto , fazendo com que todas as mudanças no índice total de produtividade sejam atribuídos ao fator mão de obra. Isso faz com que sejam omitidos os ganhos resultantes de um uso mais racional e eficiente do capital e dos esforços gerenciais , encorajando dessa forma a substituição de capital , mão de obra indireta e energia e/ou materiais processados por mão de obra direta . O que deve ser considerado , segundo o autor , é que nos SFM ocorre um declínio nos custos de mão de obra direta fazendo com que esse fator tenha um peso menor no índice total de produtividade .

A seguir as TABELAS 9 e 10 , mostram respectivamente os estágios de desenvolvimento e implementação de níveis crescentes de automação e os potenciais benefícios a serem atingidos , com relação ao critério produtividade , em uma manufatura flexível .

TABELA 8 : Potenciais Benefícios da Manufatura Flexível [Chen & Adam,1991]

Critérios de Qualidade	Potenciais Benefícios Operacionais	Potenciais Benefícios Estratégicos
- Medidas de Prevenção	- redução com melhora dos processos	- menos trabalho técnico necessário
- Medidas de Avaliação	- redução com menores custos de inspeção	- redução do tempo total de manufatura
- Falhas Internas	- redução dos custos de refugos e retrabalhos	- atingir um processo de produção consistente e linear
- Falhas Externas	- redução dos custos de garantia assistência técnica e responsabilidade	- maior satisfação do cliente e um mercado mais cativo

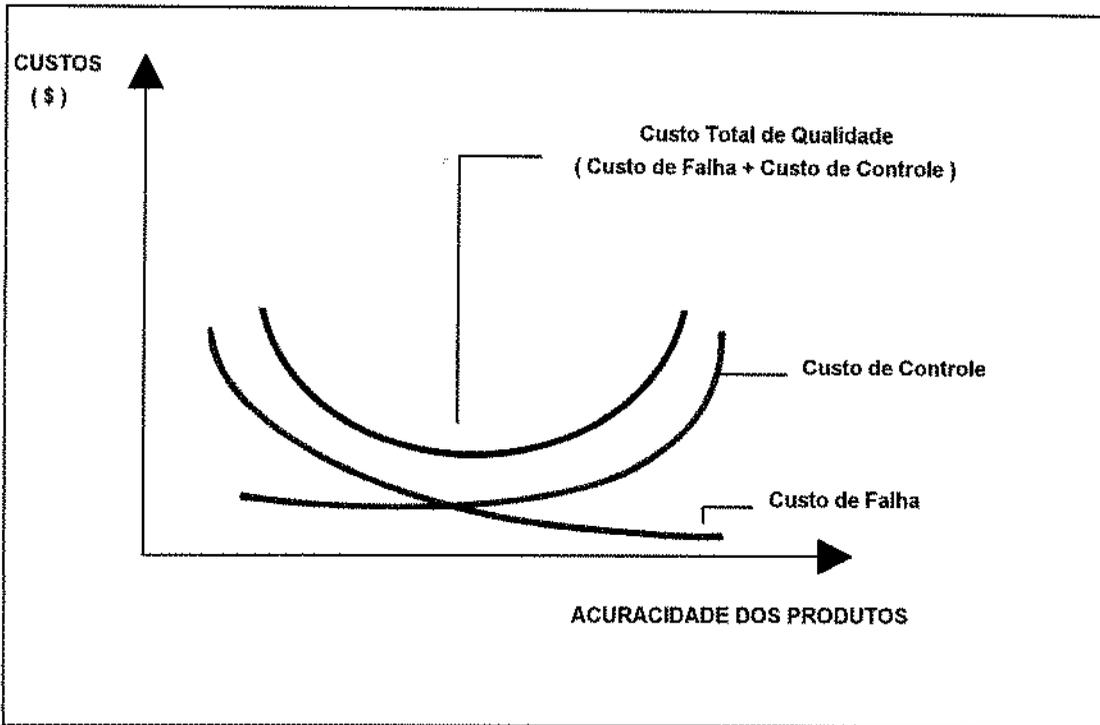


FIGURA 7 : Curvas de Custos Totais de Qualidade e seus Componentes [Chen & Adam,1991]

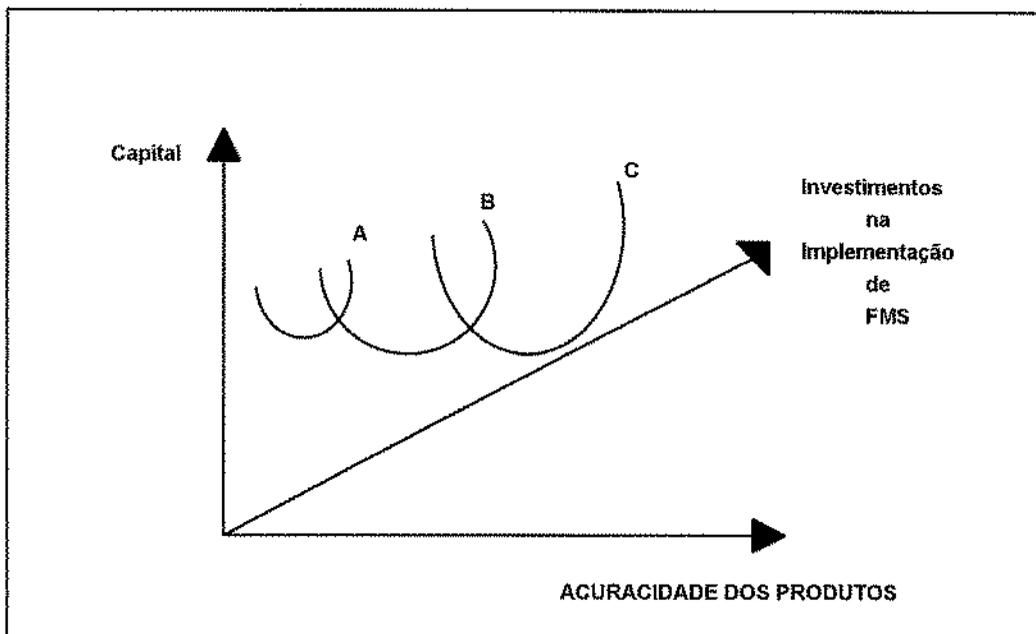


FIGURA 8 : Curvas de Custo de Qualidade e Investimentos em SFM [Chen & Adam,1991]

TABELA 9 : Estágios de Desenvolvimento da Automação da Manufatura [Bhimani & Bromwich,1992] .

ESTÁGIO	OBJETIVO	AÇÕES	NÍVEL TECNOLÓGICO	EVOLUÇÃO
1	Aumento da Produtividade a nível de máquina ferramenta e processo de fabricação .	Automação Individual de Tarefas e Máquinas-Ferramenta .	<ul style="list-style-type: none"> - Máquina-Ferramenta CNC com seleção e troca automatizada de ferramentas . - Carga e Descarga automatizadas . - Centros de Usinagem . - Sistema de Inspeção de Anomalias . 	<p>Máquina CNC</p> <p>⇓</p> <p>CFM</p>
2	Aumento de Produtividade a nível de sistema de fabricação e de segmentos de outras áreas .	Automação em Grupo de máquinas-ferramenta e de áreas que envolvam mão de obra indireta .	<ul style="list-style-type: none"> - Processamento de informações distinto do sistema de processamento automatizado. - Veículos de Transporte (AGVs) entre as CFMs . - Controle automatizado de dispositivos e ferramentas . - Sistema de controle de grupos de CFMs . 	<p>CFM</p> <p>⇓</p> <p>SFM</p>
3	Aumento de Produtividade a nível de fábrica .	Interfaceamento CAD / CAM ; sistema de distribuição automatizados (almoxarifado , projeto e fabricação , controle e fabricação)	<ul style="list-style-type: none"> - Sistema de Supervisão e Controle de todo processo de manufatura . - Sistema de Armazenagem automatizado . - Sistema de Comunicação de Fabrica. 	<p>SFM</p> <p>⇓</p> <p>FA</p>
4	Aumento da Produtividade a nível do escritório central da fábrica incluindo a área de marketing .	Interfaceamento de informações de marketing com atividades de projeto e manufatura ; controle unificado de bens e informações ; unificação do controle de informações com informações de engenharia .	<ul style="list-style-type: none"> - Redes de Comunicação LAN - Sistema de Base de Dados MAP - Gerenciamento e Controle da Tecnologia . 2 	<p>FA</p> <p>⇓</p> <p>CIM</p>

TABELA 10 : Potenciais Benefícios da Manufatura Flexível [Chen & Adam,1991]

Critérios de Produtividade	Potenciais Benefícios Operacionais	Potenciais Benefícios Estratégicos
- Sistema	- Custos totais menores que linhas de transferência . Menores custos por partes de peças .	- Modernização da planta fabril visando uma melhor competitividade
- Equipamentos	- Redução do número de equipamentos devido a utilização de rotações maiores . Extensão da capacidade das máquinas .	- Necessário um menor espaço da planta fabril
- Mão-de-Obra Direta	- Reduzida para custos menores	- Menor qualificação de mão-de-obra
- Inventário em Processo	- Menores custos de inventário	- menor espaço de armazenamento . Lay-out de plantas mais simples
- Utilização de Equipamentos	- Altas taxas para retornos mais rápidos	-----
- Lead-Time de Produção	- Reduzido para maiores saídas (outputs)	- melhores ajustes às necessidades de mercado
- Flexibilidade Operacional	- Mais turnos para melhores saídas (outputs)	- resposta mais rápida aos clientes e flexibilidade em acomodar futuros produtos e volumes projetados

2.5 - Modelos de Avaliação da Estratégia de Manufatura .

2.5.1 - Introdução

Ao mesmo tempo que se verifica as constantes modificações ocorridas no ambiente de manufatura , constata-se uma inadequação ou incompreensão na utilização de critérios que possam avaliar a extensão de tais modificações .

Segundo Barker & Powell[1989] , as pesquisas no desenvolvimento de uma estratégia de manufatura tem falhado no sentido que subestima a complexidade existente nos sistemas produtivos , sendo verificado uma tendência de implantação de sistemas de controles baseados unicamente em técnicas computacionais . O autor qualifica uma organização como um sistema de entradas (*inputs*) em saídas (*outputs*) , o qual deve ser feito a uma máximo de velocidade com uma valor agregado máximo . No entanto , a existência de complexas interfaces aliadas a outras variáveis , reduzem a eficiência do processo de conversão . Estas interfaces são constituídas de pessoas , materiais e tecnologias combinadas com o julgamento e a decisão efetuada pelo componente humano . Modelar estas interfaces por métodos matemáticos , segundo o autor , adiciona pouco à compreensão dos problemas e podem resultar em simplificações e cancelamentos em áreas críticas .

Plossl [1988] cita que muito tempo e esforço tem sido dispensado na análise de dados utilizados em sistemas de planejamento empregando fórmulas complexas , sofisticados sistemas de aquisições de dados e desenvolvimento de sistemas computacionais para manuseá-los . Frequentes revisões tem sido feitas no sentido de manter os dados de planejamento em sintonia com o desempenho verificado , sendo que segundo o autor , o resultado na maioria das vezes tem sido sofrível .

Segundo Son[1991] , tem ocorrido uma mudança nas linhas de pesquisa qualificadas como TAM (Tecnologias Avançadas de Manufatura) , buscando-se uma maior integração nas 03 áreas de pesquisa : medidas de desempenho , estimativas de custo e análise de decisões .

A TABELA 11 mostra as principais características das pesquisas anteriores e as pesquisas atuais com relação às TAM .

2.5.2 - Variáveis de Maior Importância Envolvidas nas Operações de Manufatura .

De todos os recentes melhoramentos de significância nas operações de manufatura , a grande maioria deles tem envolvido substanciais reduções nos tempos cíclicos de produção . A maioria das estratégias de manufatura tem se pautado em entregas

mais rápidas de fornecedores ; menores tempos de fabricação e montagem ; despachos mais rápidos para os clientes , etc.

Dessa forma , como cita Plossl [1988] , o tempo se torna o mais crítico de todos os recursos envolvidos nas operações de manufatura , necessitando ser bem gerenciado , pois não pode ser armazenado , e uma vez utilizado não pode ser recuperado .

Plossl [1988] cita que muita confusão tem sido gerada , devido a uma incompreensão dos termos usados no planejamento da manufatura , que tem o tempo como variável . A descrição correta dos principais termos seria :

- **Tempo Decorrido de Fabricação** : tempo total decorrido desde a determinação da necessidade de um item fabricado na empresa até a sua disponibilidade para a utilização .
- **Tempo Decorrido de Compra** : tempo total decorrido desde a determinação da necessidade de um item adquirido de uma fonte externa à empresa até a sua disponibilidade para a utilização .
- **Tempo de Ciclo** : o maior tempo necessário para obter e processar materiais de um produto acabado , sendo também denominado de tempo de ciclo cumulativo .
- **Tempo Total de Manufatura** : o maior tempo necessário para se processar uma matéria prima em um bem final .
- **Ciclo de Entrega** : tempo necessário para a entrega de um produto após o recebimento de uma ordem do cliente .

Plossl [1988] também estabelece 02 tipos fundamentais de tempos decorridos:

- **Tempos Decorridos em Centros de Trabalho** : são os tempos médios necessários para que as ordens sejam executadas após chegarem a determinado centro de trabalho . Este tempo inclui : tempos de filas , preparação e ajuste do equipamento e tempos de execução das operações programadas para a execução do lote . Nesta situação é necessário um gerenciamento da capacidade do centro de trabalho para que o plano de trabalho se concretize , ou seja , os tempos planejados sejam iguais aos tempos reais .

- **Tempos Decorridos de Ordens de Trabalho** : são tempos que determinada ordem necessita para completar todas as operações estipuladas nos centros de trabalho . A média planejada deste tempo é usada nos sistemas de planejamento das necessidades de materiais para relacionar a data de início com a data necessária para a fabricação de um determinado lote . O tempo real obtido das ordens equivale à variável dependente dos problemas encontrados pelo lote em se movimentar de um centro de trabalho para outro , e também da prioridade de competição entre as ordens de trabalho . Dessa forma , o controle dos tempos decorridos de ordens de trabalho envolve um gerenciamento tanto de capacidade como de prioridade dos centros de trabalho .

No entanto , estes conceitos devem ser analisados dentro do contexto de cada empresa e das condições tecnológicas que cada empresa dispõe para o planejamento e controle do(s) produto(s) fabricado(s) . A dependência da empresa de fornecedores externos , o número de componentes para a montagem final do produto , as operações envolvidas no processamento de cada componente , etc , acabam por delinear

horizontes distintos para empresas distintas . Mas apesar destas diferenças , os tempos de manufatura são importantes subsídios para :

- parametrizar ajustes em programas de planejamento das necessidades dos materiais (MRP)
- parâmetro de controle pelo qual pode-se monitorar o capital investido em inventário em processo e inventário em armazenamento
- medida do horizonte de planejamento dentro do qual mudanças possam ser avaliadas .

Desconsiderados os tipos de processos e os materiais envolvidos , as operações em processos contínuos tem dispendido atualmente ao redor de 5% dos tempos decorridos em ordens de trabalho [Plosst,1988] em :

- tempos de preparação e ajustes dos centros de trabalho
- tempos de execução das operações programadas nos centros de trabalho

TABELA 11 : Tendências de Pesquisa em TAM (Tecnologias Avançadas de Manufatura) [Son,1991] .

	Pesquisas Anteriores	Pesquisas Atuais
Características	- separada - qualitativa - local	- integrada - quantitativa - global
Medidas de Performance	- medir e aumentar a produtividade sem relacionar com sistemas de custos	- medir qualidade e flexibilidade integrando-as à produtividade relacionada ao sistema de custos
Estimativa de Custos	- lidar com os custos tangíveis para orçar o produto	- quantificar custos intangíveis para prognosticar os benefícios economicos da AMT
Análise de Decisões	- justificar sub-sistemas e medir o curto prazo baseado em antigos sistemas de custos	- justificar o sistema como um todo e medir o longo prazo baseado em novos sistemas de custos

Os tempos de movimentação dos lotes entre os centros de trabalho envolvem principalmente o controle de filas de espera . Essa afirmação não deve ser interpretada no sentido de que os tempos de preparação e ajuste , bem como os tempos de execução das operações nos centros de trabalho não sejam relevantes . Os tempos de preparação e ajuste determinam tamanhos adequados de lotes para centros de trabalho , e dessa forma os tempos necessários para a execução das operações programadas . Tamanhos inadequados de lotes podem gerar um fluxo de movimentação irregular entre os centros de trabalho , aumentando a inconstância da fila .

Logo , 03 ações se fazem necessárias para um gerenciamento adequado dos tempos de manufatura :

- os centros de trabalho , incluindo fornecedores , devem ter a capacidade adequada para suportar o planejamento efetuado .
- o fluxo de trabalho entre os centros deve ser linear e estável
- os tempos decorridos devem ser sempre reduzidos , nunca aumentados .

2.5.3 - Uma Estratégia de Manufatura tendo a Abordagem Heurística

A maioria das empresas nos dias atuais possuem sistemas de controle e compras de materiais (Ex. MRP) , sendo que ao mesmo tempo que tais sistemas trazem algum benefício , o que se verifica é que os mesmos foram implantados antes da formulação de uma estratégia de manufatura para a empresa . Essa situação tende a gerar uma certa confusão no gerenciamento central à medida que : torna-se difícil a identificação do problema central da empresa ; técnicas de sequenciamento passam a ser usadas onde não são necessárias ; etc .

A abordagem proposta por Barker[1990-b] utiliza uma análise heurística na formulação de uma estratégia para um sistema de manufatura dividida em 03 áreas:

- **Tecnologia** : robôs , máquinas CNC , etc.
- **Sistemas de Controle** : MRP , OPT , etc.
- **Infraestrutura** : formulação de uma estratégia de manufatura funcional .

Essas 03 áreas tem como elementos de interconexão o **tempo** (vide FIGURA 9) , sendo que a área de infraestrutura é vista segundo o autor como a área potencial de maiores retornos de investimento , sendo o ponto de partida para que se possa obter uma vantagem competitiva , e devendo ser analisada antes que novas tecnologias ou sistemas de controles sejam implantados .

A abordagem heurística proposta por Barker [1990-b] faz uma analogia do sistema de manufatura com um Venturi Pressurizado , no qual o diferencial de pressão é necessário para garantir que entradas (*inputs*) estejam sempre disponíveis para suportar as saídas (*outputs*) . Este sistema pode ser aplicado à empresa como um todo , ou de forma separada analisando cada operação , centro de trabalho , áreas, departamentos , etc.

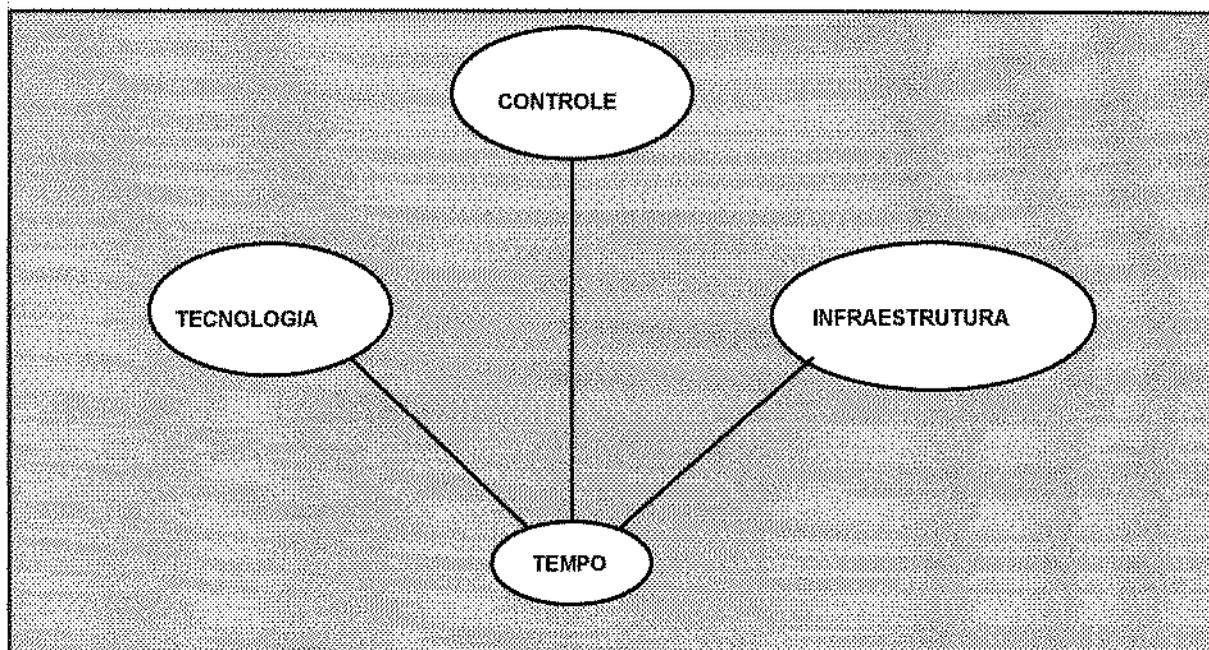


FIGURA 9 : Áreas do Sistema de Manufatura [Barker & Powell, 1989]

Na FIGURA 10 , o autor esboça o que denomina de **Venturi da Produção** , onde um vasto número de interfaces se interagem combinando para um aumento da "viscosidade" , causando uma elevação da " entropia " do sistema e diminuindo a conversão de " energia de entrada " . Neste sistema , o processo é visto como progressivamente restritivo, sendo que 03 subsistemas podem ser identificados como sistemas de controle :

- **Controle Pré-Produção** : planejamento de entrada
- **Controle da Produção Corrente** : controles efetuados durante o processo produtivo
- **Controle Pós-Produção** : controle de custos após o evento

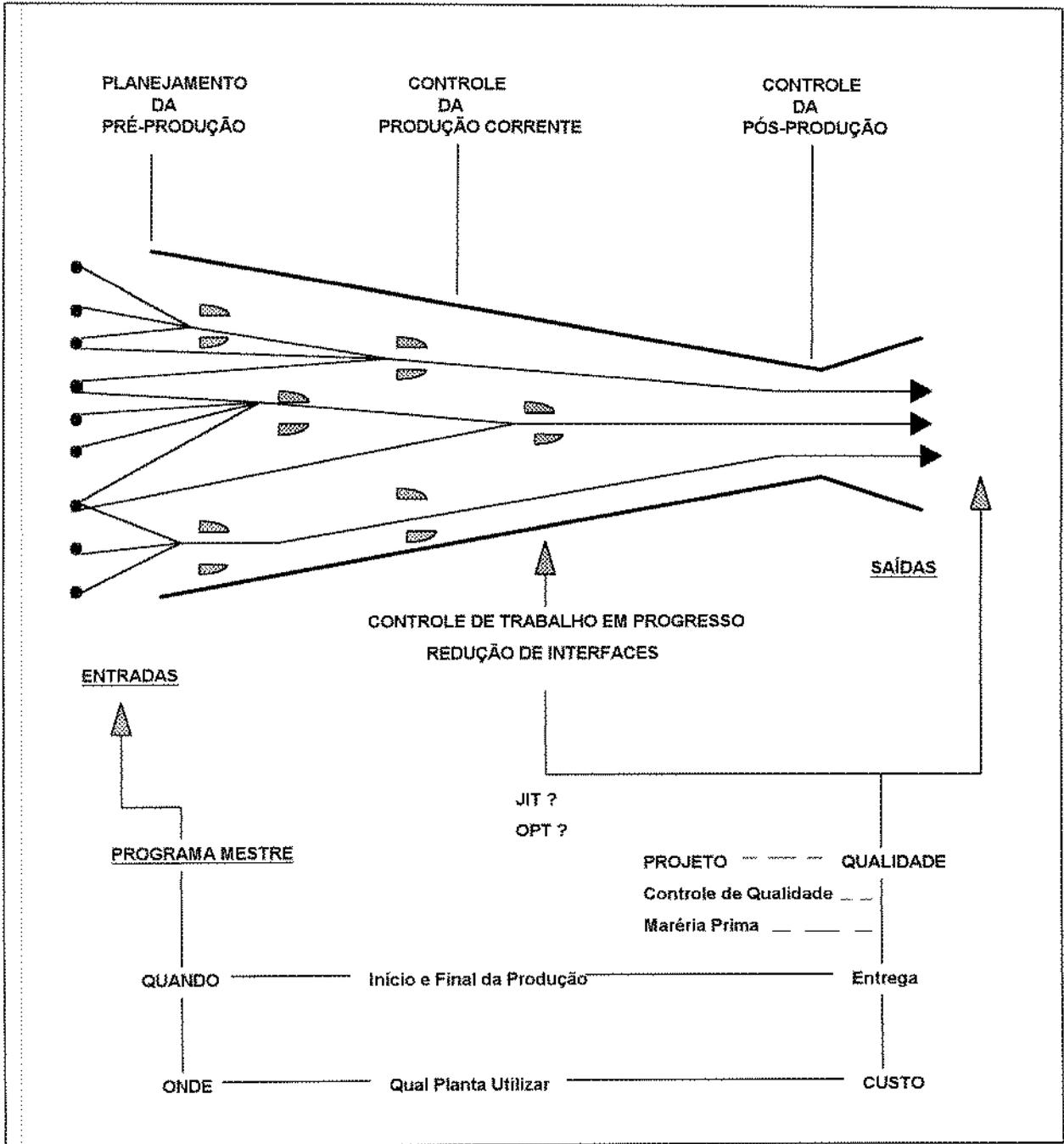


FIGURA 10 : Esquematização do Venturi de Produção [Barker & Powell,1989] .

Dentro de um sistema de produção em lotes , os controles efetuados nos dois primeiros estágios podem ser considerados críticos para a eficiência do sistema produtivo . Um programa mestre de produção é necessário seja qual for a estratégia de manufatura utilizada , e os sistemas de planejamento das necessidades dos materiais (MRP) são geralmente utilizados para a execução de tal tarefa . O controle do trabalho em processo pode ser considerado uma variável , e a complexidade de controle necessária é normalmente resultante da estratégia de manufatura adotada . Portanto , o desenvolvimento de uma estratégia funcional adequada deve teoricamente resultar em uma minimização de métodos de controle .

Existem outras abordagens à respeito do modelo proposto pelo autor , sendo uma delas propostas por Wiendahl [1988] , onde o processo de produção é considerado como um funil onde existem ordens de trabalho que entram e saem . Neste modelo também é possível caracterizar os centros de trabalho como funis menores que compõem um funil maior, o qual representa todo o sistema produtivo . Parnaby[1986] analisa a situação de estagnação das empresas britânicas comparativamente a empresas japonesas , propondo uma metodologia para a mudança das estruturas de manufatura . Vollmann et alli [1984] descreve conceitos avançados em sequenciamento , tendo como base uma análise heurística.

2.6 - Comentários .

Neste capítulo foram descritos os principais fatores de influência na modificação das estruturas produtivas .

No início do capítulo , abordou-se aspectos relativos à composição dos tempos totais de usinagem , mostrando que a maior parte do tempo de processamento de uma peça é consumido em movimentação e espera nos centros de trabalho .

Foram descritos também , características principais diferentes estruturas de manufatura , as quais foram denominadas de sistemas convencionais de manufatura e manufatura flexível , sendo abordado o seguinte :

- aspectos da estrutura de manufatura
- aspectos da estrutura organizacional
- aspectos da estrutura econômica

Definidos e caracterizados estes dois tipos de manufatura , foram abordados os principais fatores envolvidos quando da transição de um sistema convencional de manufatura para uma manufatura flexível , sendo apontados como pontos principais :

- conceituação de economia de escala e economia de escopo, enfocando as modificações estruturais necessárias com relação a base produtiva , bem

como a necessidade de uma mudança na estratégia competitiva a ser adotada pela empresa.

- avaliação da estrutura organizacional da empresa , ressaltando a necessidade de se adotar soluções que eliminem principalmente : elevado grau de formalização ; alta hierarquização funcional ; qualificação única e altamente especificada do corpo técnico .
- busca de alternativas que visem implementar melhorias com relação ao sistema de informações da estrutura da empresa e qualificação de funções técnico-comerciais .

Como ponto final do capítulo , foram analisados fatores relativos aos modelos de avaliação da estratégia de manufatura . Foi apresentada uma estratégia de manufatura tendo uma abordagem heurística , introduzindo aspectos conceituais que embasam o Modelo de *Input - Output* .

No próximo capítulo far-se-á uma descrição mais detalhada desta conceituação heurística , propondo um modelo de avaliação estratégica das estruturas de manufatura .

CAPÍTULO 3

PROPOSIÇÃO DE UM MODELAMENTO DE AVALIAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE MANUFATURA

3.1 - Introdução

A situação que se verifica atualmente em muitas empresas , no que se refere ao ambiente de manufatura, é uma situação que pouco se difere à descrita por Merchant [1977] na década de 1970 . Critica-se o ambiente de manufatura como fonte de desperdício em termos de utilização de recursos e energia , sendo que neste caso o conceito de energia transcende o aspecto de calor , eletricidade ou potência , passando a assumir uma dimensão maior nas esferas de recursos humanos e organizacionais [Barker,1992-a] .

Apesar de todos os esforços gerenciais no sentido de controles rígidos na área financeira , implantação de sistemas de controle das necessidades de materiais , desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias, pouco tempo é dedicado ao estudo das operações que adicionam valor ao produto , as quais serão conceituadas no próximo ítem deste capítulo.

De acordo com Barker [1992-a], esse problema ainda existe devido à uma falta de focalização do real problema a ser combatido , baseando-se em uma estratégia a nível corporacional da empresa .

Alguns casos citados por Barker [1992-a] podem ser descritos para exemplificar a situação vigente :

- uma empresa multinacional do ramo de componentes elétricos na Inglaterra agregava valor aos seus produtos em menos de 5% do tempo total consumido no ciclo produtivo de cada produto . Seu giro de inventário era de 06 vezes ao ano , sendo que milhares de dólares ja tinham sido investidos em novos equipamentos para a linha de produção. Esses investimentos criaram "ilhas de eficiência" que afetavam menos de 1% do tempo consumido no ciclo produtivo da empresa . A empresa ainda permanecia sem poder de competição no mercado , devido a impossibilidade de responder agilmente às demandas dos clientes , sem que se mantivesse altos níveis de estoque de produtos acabados .

- outra empresa britânica , fabricante de equipamentos para o ramo de gases e combustíveis , apresentava um problema crônico em cumprir prazos de entrega dos produtos . Optou-se então pela implementação de um complexo Sistema de Planejamento das Necessidades de Materiais (MRP) , sem que se modificasse aspectos da estrutura organizacional da empresa . Passados 03 anos , após vultuosos investimentos , a performance da empresa permanecia a mesma , tendo já perdido posições no mercado para outras empresas .
- uma empresa fabricante de televisores , localizada em Bridgend (Reino Unido), apesar de possuir um sofisticado sistema MRP II e um sistema de processamento de ordens de venda , apresentava altos estoques de material em processo , baixa velocidade de produção , altos custos de manufatura e uma taxa de rejeição de componentes da ordem de 30 % .

Este capítulo abordara um modelamento descrito por Barker [1990-a,1991-b,1992-a e 1992-b], visando enfocar um novo conceito no planejamento estratégico da produção .

3.2 - Aspectos da Estratégia Funcional de Manufatura .

3.2.1 - Os conceitos de Tempos Lineares , Tempos Cíclicos e Valor Agregado ao Produto .

A importância de se desenvolver uma estratégia de manufatura , antes que investimentos sejam feitos em sistemas de controles e em novas tecnologias , reside no fato de que se pode assegurar com uma certeza maior que a implementação de melhorias a nível da organização serão feitos de uma maneira mais coordenada .

O conceito da Estratégia Adaptativa de Entradas é baseado em tempos envolvidos no sistema produtivo , procurando atingir uma redução nos custos de manufatura através da redução dos tempos totais de manufatura , aumento da qualidade dos produtos acabados e redução das variáveis e/ou interfaces do sistema produtivo [Barker,1990-b]

Para melhor elucidar o modelo proposto , faz-se necessário uma descrição dos seguintes parâmetros :

a) Enfoque dos Tempos de Manufatura - são classificados em uma mesma organização em dois tipos :

a.1) Tempos Cíclicos : são caracterizados por tempos onde se esta sendo agregado valor aos produtos, ou de modo geral , são os tempos onde o material esta sofrendo operações nos centros de trabalho .

a.2) Tempos Lineares : são definidos por tempos em que não se esta efetivamente agregando valor ao produto , ou seja : tempos de movimentação , tempos de fila, tempos de estocagem , etc .

Essas definições de tempos de manufatura podem gerar controvérsias ou incompreensões à respeito de seus reais significados . Plossl [1988] abordou esta questão , analisando o correto significado dos tempos envolvidos em questões de planejamento e controle da produção , sendo esta questão discutida no capítulo anterior .

Para efeito do estabelecimento da Estratégia Funcional de Manufatura , este trabalho se restringira a abordagem dos Tempos Cíclicos e Lineares como componentes do Tempo Total de Manufatura , dispostos da seguinte maneira :

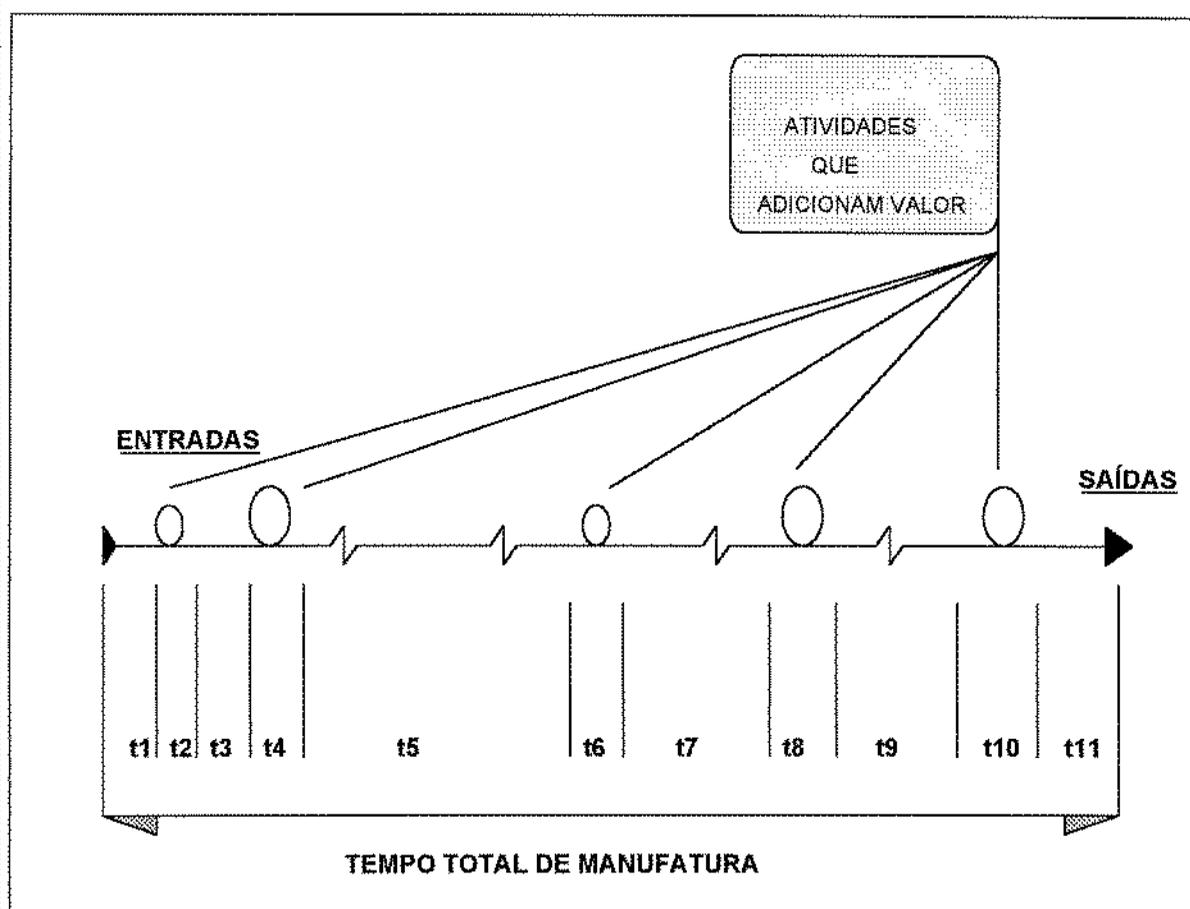


FIGURA 11 : Tempos Cíclicos e Tempos Lineares [Barker,1990-b] .

Teria-se dessa forma :

t1,t3,t5,t7, t9,t11 : tempos lineares,onde não ocorre agregação de valor ao produto .

t2, t4 , t6 ,t8 ,t10 : tempos cíclicos,onde são agregados valores aos produtos nos respectivos centros de trabalho .

Com relação a estas consideração acrescenta-se que :

- os tempos cíclicos são representados na forma de "loops" para efeitos ilustrativos . Obviamente o tempo não é uma grandeza reversível , devendo-se utilizar a analogia de uma mola comprimida para ilustrar os tempos cíclicos .
- quanto menos distantes entre si os tempos cíclicos e quanto menores seus diâmetros , mais efetivo é o processo de agregação de valor ao produto .

Por processo de agregação de valor produto , deve-se entender basicamente como as etapas de um processo produtivo , sem as quais o produto final estara em desacordo com as funções a que teria sido projetado [Barker,1992-b] .

Assim tem-se pela FIGURA 12 , uma análise de conversão entre os dois sistemas distintos :

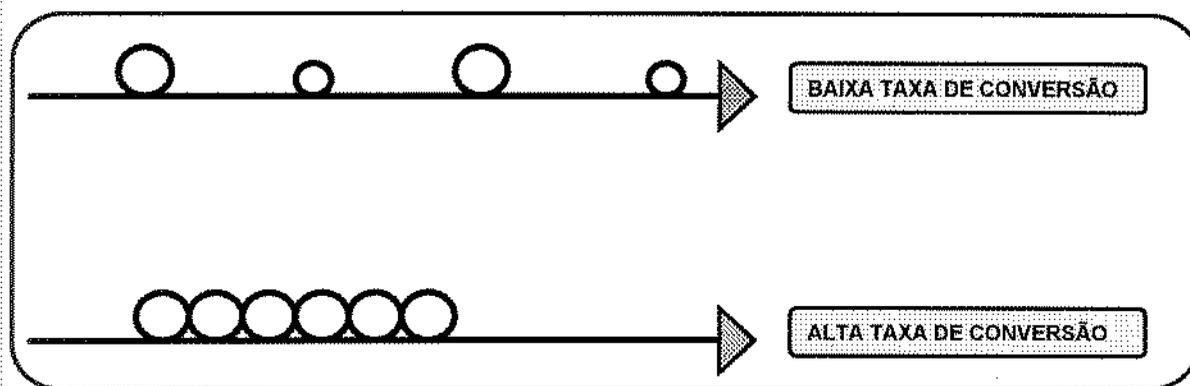


FIGURA 12 : Conversão de Sistemas Produtivos [Barker,1990-b] .

b) Enfoque do Valor Agregado ao Produto - o conceito de valor agregado ao produto procura dar uma visão diferente dos conceitos tradicionais que embasam a estruturação convencional de um sistema de custos . Esse conceito consiste basicamente em classificar as atividades que compõem a produção de um bem em atividades que adicionam valor ao produto e atividades que não adicionam valor ao produto . Nakagawa [1991] define uma atividade que não adiciona valor ao produto como : " ... aquela atividade que pode ser eliminada , sem que os atributos do produto (desempenho , função , qualidade , valor reconhecido ,) sejam afetados " . Assim as atividades que não adicionam valor ao produto poderiam ser eliminadas de maneira a se manter o fluxo do produto o mais contínuo possível através de seu processo produtivo . Alguns exemplos de tais atividades seriam :

- Tempos de estocagem do produto
- Tempos de espera em centros de trabalho
- Tempos de circulação na área de produção

- Tempos de paralização de equipamentos
- Tempos de paralização devido à problemas de qualidade do produto e/ou processo
- Fluxo desbalanceado do processo de produção , ocasionando "gargalos"
- Insuficiência de encomendas do produto , gerando turnos ociosos
- etc

Feita esta conceituação , pode-se inferir como atividades que adicionam valor ao produto , aquelas que não podem ser eliminadas a fim de que os atributos do produto não sejam afetados . Seriam basicamente as atividades que envolvem a transformação da matéria-prima para que se obtenha o produto final .

O modelo classifica as atividades que adicionam valor ao produto como custos positivos e atividades que não adicionam valor ao produto como custos negativos do produto . A FIGURA 13 exemplifica visualmente o conceito de custos positivos e custos negativos .

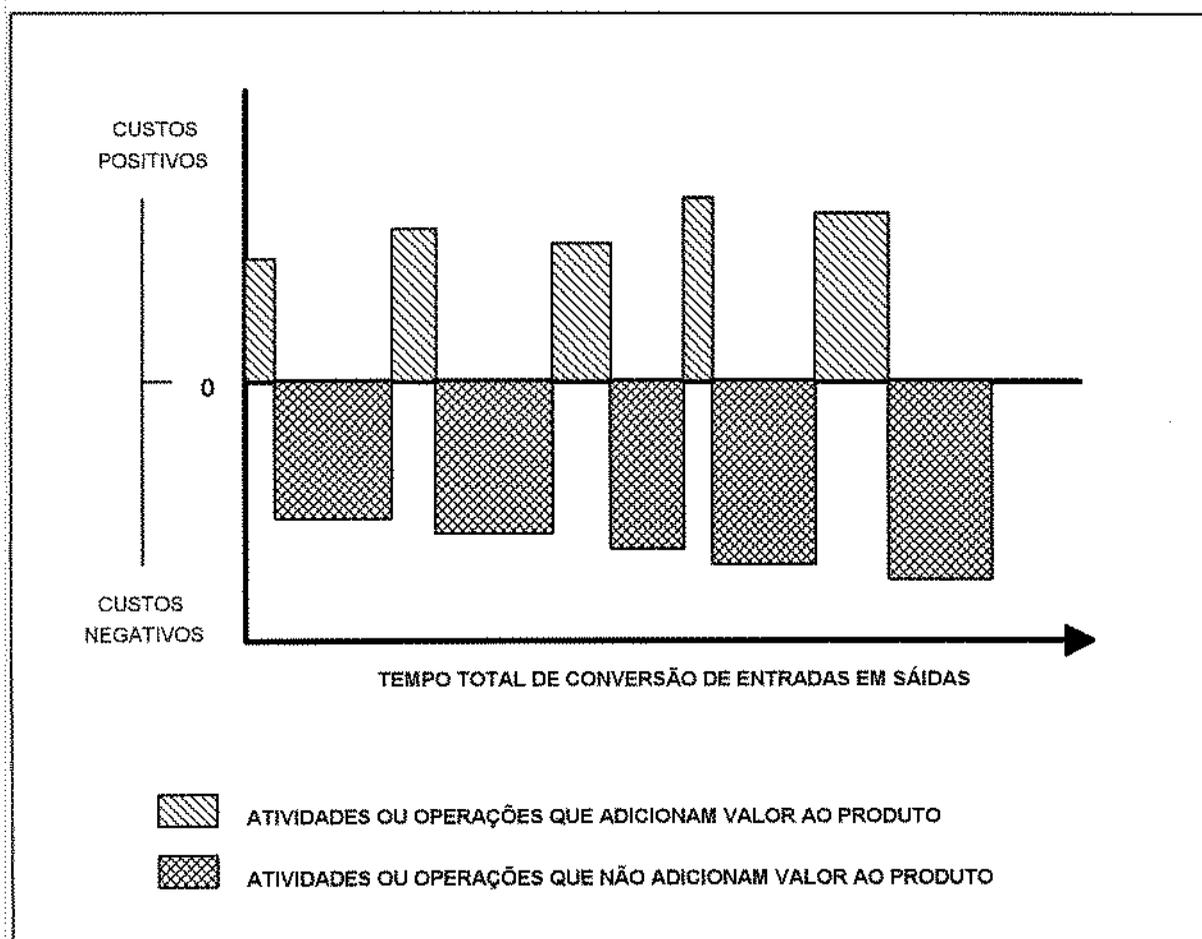


FIGURA 13 : Custos Positivos e Custos Negativos em um Sistema Produtivo [Barker,1990-a] .

3.2.2 - O Conceito de Interfaces do Sistema de Manufatura .

Segundo Barker [1992-a] , uma organização deve ser vista como um agente de um sistema cuja principal função é a conversão de entradas em saídas (*inputs/outputs*), sendo que esta conversão deve ser feita a uma máxima velocidade com o máximo de valor adicionado , de maneira a tornar esta organização o mais eficiente possível .

No entanto , existem variáveis denominadas **interfaces** , que contribuem para reduzir a eficiência de conversão de um processo produtivo , as quais seriam identificadas como :

- pontos de mudanças de responsabilidade
- pontos onde valores são adicionados ao produto
- pontos onde materiais se unem ou divergem dentro do sistema produtivo

Estas interfaces seriam pessoas , materiais e tecnologias , combinadas com valores de julgamento e decisões pelo componente humano , existindo na forma de informações , procedimentos , processos e controles [Barker,1990-a] .

Uma das características de vários sistemas de manufatura é o alto número de interfaces necessárias para a produção de um bem final , que se não bem gerenciadas , constituem-se na principal causa de desperdício e aumento de complexidade dentro do sistema produtivo .

De forma geral , as interfaces existem dentro de uma empresa nas seguintes áreas :

- Controle da Produção
- Engenharia de Fabricação
- Engenharia de Projetos
- Controle de Qualidade
- Setor de Vendas
- Setor de Compras
- Setor de Finanças
- etc

Exemplificando a complexidade destas interfaces dentro de um processo de fabricação , Barker [1990-a] cita algumas etapas onde fatalmente tais interfaces irão surgir . A TABELA 12 resume os principais pontos .

TABELA 12 : Interfaces do Sistema de Manufatura [Barker,1990-a] .

INTERFACES	Descrição
Processamento da Matéria - Prima	<ul style="list-style-type: none"> - processos distintos , utilizando diferentes equipamentos - materiais distintos , envolvendo condições diferentes de processo - controles e inspeções utilizando diferentes especificações de acordo com a qualidade necessária do produto - necessidade de percorrer diversas áreas da produção (Ex. Usinagem - Tratamento Térmico - Pintura - etc)
Aquisição de Componentes de Firmas Terceiras	<ul style="list-style-type: none"> - aquisição de vários itens para a composição de um produto final - montagem de itens distintos em diferentes etapas do sistema produtivo - necessidade dos itens serem inspecionados, transportados e montados
Ações de Controle	<ul style="list-style-type: none"> - vários tipos de controle existem nos estágios de pré-produção , produção e pós-produção , sendo transferidas ordens de trabalho para a sua execução
Quantidade de Produtos por Ordem	<ul style="list-style-type: none"> - variação nas quantidades por ordem - cancelamento de ordens
Modificações de Produtos	<ul style="list-style-type: none"> - podem existir modificações nos produtos visando suprir a demanda de clientes - novos produtos são introduzidos
Ambiente de Chão de Fábrica	<ul style="list-style-type: none"> - componentes e matérias-prima em atraso - componentes fora de especificações - paralização de equipamentos - cargas de trabalho muito altas ou muito baixas
Aspectos da Mão de Obra	<ul style="list-style-type: none"> - estágios do processo de manufatura que envolvem pessoas com diferentes conhecimentos e responsabilidades - trocas de informações entre diferentes níveis hierárquicos - absenteísmo

Um dado importante , segundo alguns autores [Plossl,1988;Son,1991; Barker, 1990-a] , é que o sistema de manufatura apresenta um nível de complexidade que o torna impossível de ser analisado sómente através de algoritmos e modelamentos matemáticos .

Cerca de 85% das interfaces localizam-se dentro do ambiente de manufatura, e uma análise inadequada destas interfaces e de suas correlações podem implicar em simplificações e a não determinação de áreas críticas ao sistema .

3.2.3 - Áreas que compõem o Sistema de Manufatura dentro de uma Análise Estratégica

A formulação de uma estratégia funcional de manufatura implica em um planejamento de ações que visem otimizar a conversão de entradas e saídas do sistema . Essa abordagem focaliza , acima de tudo, a reorganização dos elementos envolvidos no sistema produtivo de forma que garanta uma otimização do tempo total de manufatura .

Essa reorganização dos elementos do sistema produtivo , torna necessária uma análise focalizada em 03 diferentes aspectos :

- Infraestrutura
- Sistemas de Controle
- Tecnológicos

Estes aspectos já foram comentados no ítem 2.5.3 do capítulo anterior deste trabalho . Neste ítem procurar-se-a discutir de forma mais detalhada dois destes aspectos : sistemas de controle e tecnológicos .

a) **Aspectos dos Sistemas de Controle** - são classificados como os "termostatos" do sistema produtivo , tendo como exemplos : sistemas de planejamento de necessidade de materiais (MRPs) , sistemas de sequenciamento da produção , sistemas de monitoramento do processo , etc . Altos investimentos tem sido feitos nestas áreas , e conseqüentemente muita confiança tem sido depositada sobre estes sistemas , os quais tem se tornado cada vez mais complexos . Neste sentido , as críticas que se colocam quando analisadas sob a ótica da produção em lotes , é que muito investimento tem sido feito em "termostatos" sem que se melhore a eficiência de "conversão de energia" do sistema. A existência de tais sistemas de controle , segundo alguns autores [Plossl,1988;Son,1991;Barker,1990-a], não implica necessariamente em modificações no mecanismo de adição de valor ao produto , melhorias no fluxo de produção , aumento da flexibilidade do sistema do sistema e redução dos tempos de manufatura . Segundo Barker [1992-a] , essa situação é decorrente da maneira habitual das pessoas envolvidas em áreas técnicas , ou seja , centralizar as melhorias em etapas do processo onde ocorrem os eventos , esquecendo as etapas onde o produto permanece parado .

b) **Aspectos Tecnológicos** - são classificados como as tecnologias empregues no sistema produtivo , tais como : Robôs , Máquinas CNC , Sistemas Flexíveis de Manufatura , etc . A questão a ser abordada com relação a este aspecto é a ênfase dada

aos avanços tecnológicos como meios de se reduzir os custos de uma empresa , o que pode vir a não ocorrer em alguns casos . Neste sentido , coloca -se os seguintes problemas :

- nem sempre os equipamentos e as tecnologias já implantadas são utilizados em todo o seu potencial [Barker,1992-a] .

- de maneira geral , a aquisição de novas tecnologias se dá no sentido de solucionar "gargalos" de um sistema produtivo , sem que ocorram benefícios para o sistema como um todo , ou seja , reduções nos tempos totais de manufatura [Barker,1992-a] .

Assim , o que se verifica em alguns casos é uma transferência de estoque de materiais em processo para os centros de trabalho posteriores , fazendo com que se mantenham nos mesmos níveis os tempos totais de manufatura , impedindo uma redução de custos via redução de tempos . A **FIGURA 14** exemplifica essa situação .

Neste exemplo , tem-se o processo de fabricação de um produto composto de 10 operações , sendo que a operação 06 apresenta uma quantidade de material em processo maior que o limite aceitável , devido a uma restrição de capacidade . A aquisição de um novo equipamento para solucionar o problema desta operação , pode fazer com que simplesmente ocorra uma movimentação de material em processo para a operação 07 , associando custos nas operações posteriores e não reduzindo o tempo total de manufatura .

Outro ponto importante , ainda abordado por Barker [1990-a] , é a constatação que os avanços tecnológicos e o seu impacto nos custos de produção apresentam uma relação linear crescente , conforme mostrado na **FIGURA 15** .

As questões abordadas com relação aos aspectos de sistemas de controle e tecnológicos são certamente polêmicas, e provavelmente encontrarão defensores e críticos. Goldratt [1988] abordou este assunto analisando aspectos da automação a nível de chão-de-fábrica , enfocando estes pontos conflitantes .

Deve-se ressaltar a necessidade de se produzir com tempos de manufatura e custos menores . Dessa forma , torna-se importante discutir o conceito de custos de produção, sob o enfoque de uma estratégia funcional de manufatura .

Este assunto sera abordado no item seguinte deste trabalho .

3.3 - O enfoque dos custos de produção com um gerenciamento estratégico .

3.3.1 - A inadequação dos Sistemas Tradicionais de Custos .

No capítulo anterior deste trabalho foram abordados alguns fatores envolvidos na estrutura economica e de custos , quando da transição de um Sistema Convencional de Manufatura para um Sistema Flexível de Manufatura .



Os Sistemas Tradicionais de Custo foram inicialmente modelados para propósitos de registros de avaliações financeiras de inventários . Essa situação surgiu logo após a II Guerra Mundial , quando verificou-se nos EUA uma crescente demanda por registros de resultados financeiros de empresas , os quais passaram posteriormente a serem utilizados inapropriadamente como dados principais de decisões gerenciais . Tal situação , apesar de satisfazer os objetivos de relatórios financeiros à respeito de lucros e avaliação de inventários, não era apropriada para decisões sobre preços individuais de produtos , vendas de produtos distintos e práticas de reduções de custo [Bhimani & Bromwich,1992] .

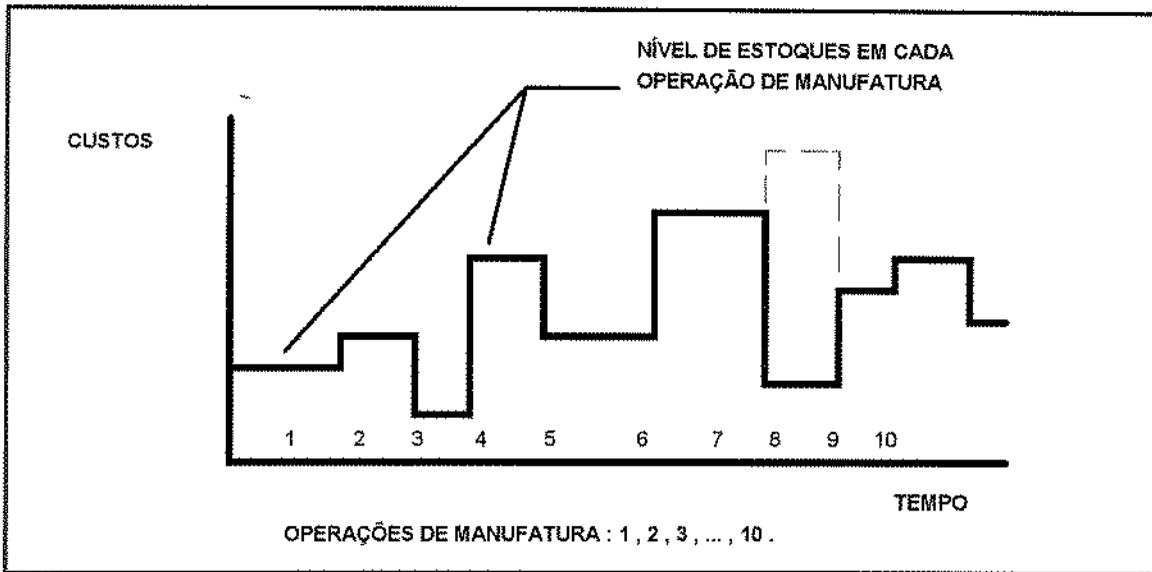


FIGURA 14 : Relação de Custos com o Nível de Estoques de Material em Processo [Barker,1990-a] .

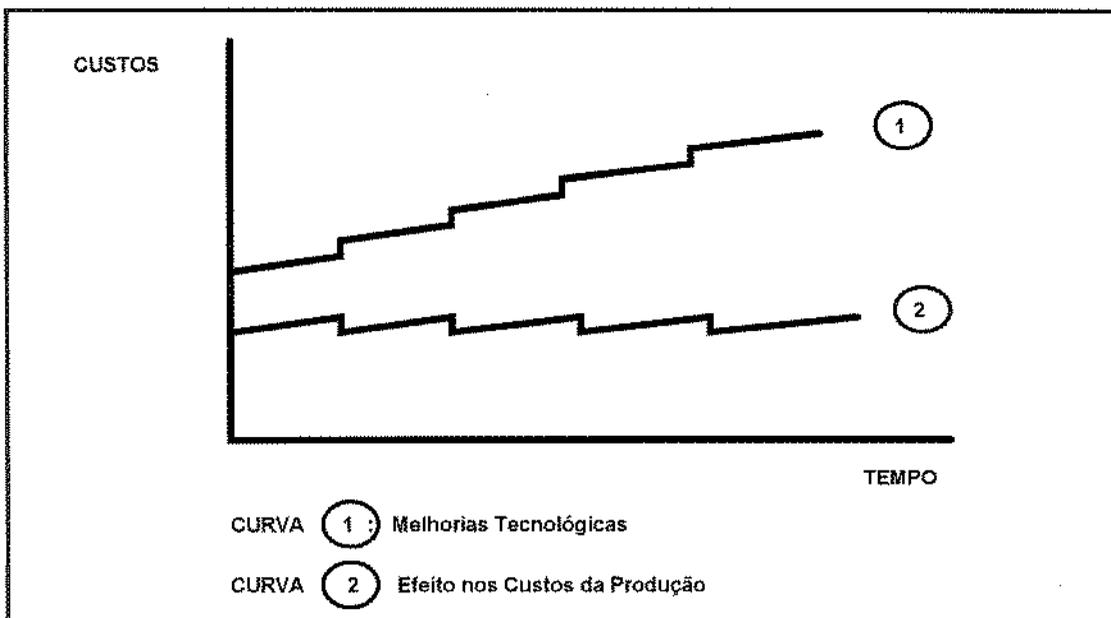


FIGURA 15 : Relação Custos x Tecnologia no decorrer do Tempo [Barker,1990-a]

Dentro desta conceituação , os Sistemas Tradicionais de Custeio incorporam como suposições principais [Johnson&Kaplan,1993] :

- criação de 03 grandes "contas" relativas aos produtos , onde seriam alocados os custos relativos a : matéria-prima , mão-de-obra e despesas gerais .
- estabelecimento de "pools" de despesas gerais , que abrangem freqüentemente toda a fábrica .
- atribuição destes "pools" de despesas gerais a centros de custos , tendo como base principal de alocação horas ou custos de mão-de-obra .

Vários autores [Gold,1982 ; Plossl,1988 ; Kaplan,1984 ; Barker&Powell,1989 ; Son,1991 ; Parnaby,1986 ; Nakagawa,1991 ; Alberti et alli,1988] já ressaltaram a necessidade de que sejam criadas novas maneiras de se avaliar os custos da produção , quando analisados dentro do ambiente de um Sistema Flexível de Manufatura . Alguns trabalhos desenvolvidos, [Miguel,1992] procuraram avaliar a formação de estrutura de custos baseado na contribuição de máquinas-ferramenta em centros de custo produtivos .

O que se tem verificado são alterações nos padrões de comportamento dos custos, onde os custos com materiais e mão-de-obra diminuem sua participação nos custos totais de fabricação à medida que os custos indiretos (depreciação , gastos com engenharia, processamento de dados , etc) aumentam esta participação .Brimani & Bromwich [1992] , citando Miller e Vollmann , acrescenta que uma importante mudança causada pela adoção de atividades relativas às TAM (Tecnologias Avançadas de Manufatura) deve-se ao fato que o volume físico de produção passa a ser uma função decrescente da mão de obra direta envolvida .

Kaplan [1984 ,1988] observou esta ineficiência dos sistemas tradicionais de custeio , visto que sua adequação voltava-se para empresas que competiam em mercados com base em estratégias de redução de custos de produtos homogêneos e produzidos em larga escala . Nestes sistemas , a apropriação dos custos indiretos dava-se através de atributos relacionados principalmente com o volume de produção , tais como : horas de mão-de-obra , horas de utilização de equipamentos , valor de matéria-prima utilizada , etc .

Segundo Nakagawa [1991] , dentre as imperfeições dos sistemas tradicionais de custeio , pode-se citar os seguintes :

- distorções nas estruturas de custo dos produtos , ao se alocar custos indiretos de fabricação utilizando critérios de rateio arbitrários e número limitado de bases de alocação .
- imperfeições na identificação e eliminação de atividades que não adicionam valor ao produto , induzindo à produção em larga escala para a diluição dos custos fixos.
- impossibilidade de mensuração dos custos originários de controles de qualidade (falhas , prevenção , avaliação , etc) .
- enfoque nos custos correntes de produção , em detrimento da análise do impacto dos custos no ciclo de vida dos produtos , impedindo uma análise estratégica de viabilidade de mercado .

- ausência de dados e informações sobre as oportunidades de eliminar desperdícios e promover o aperfeiçoamento de atividades via investimentos tecnológicos.
- impossibilidade de avaliação de aspectos não mensuráveis financeiramente , tais como : qualidade , flexibilidade , ciclo de produção e atendimento de ordens .

Assim sendo , face ao enfoque atual das funções de produção como elementos-chave das estratégias de empresas que visem atuar em mercados competitivos , as bases de um sistema tradicional de custos não atendem as necessidades dos gestores das áreas funcionais , os quais necessitam tomar decisões operacionais e de investimentos , de uma forma integrada [Nakagawa,1991] .

3.3.2 - As novas proposições em termos de Sistemas de Custeio .

Em pesquisa conduzida no Japão entre grandes empresas que adotavam tecnologias baseadas em níveis crescentes de automação , Tanaka[1991] constatou que um dos fatores preocupantes dizia respeito ao tipo de sistema de custeio a ser implantado . Segundo este autor , os principais problemas e dúvidas levantados com relação aos sistemas de custeio eram :

- solucionar o "gap" entre os ciclos de vida cada vez menores dos equipamentos e os períodos legais de amortização dos mesmos .
- distribuir as despesas cada vez mais crescentes dos investimentos computacionais.
- expressar vantagens e desvantagens que apresentam dificuldade de quantificação.
- mudanças do padrão de distribuição de custos indiretos em tempo de mão de obra para tempo de operação de equipamentos .
- necessidade crescente de sistemas de custeios mais simplificados .

Assim sendo , devido as constatações das inadequações dos Sistemas Tradicionais de Custeio face as novas realidades , tem-se estimulado o desenvolvimento de novos sistemas de apropriação de custos aos produtos .

Uma das vertentes destes desenvolvimentos em novos sistemas de custeio esta baseada no ressurgimento da função de produção como um elemento chave das estratégias competitivas das empresas [Nakagawa,1991] . Dentro desta linha de desenvolvimento , surge o conceito de **atividades** que sera definido posteriormente neste trabalho .

Nakagawa [1991] menciona que : " ... são as atividades de todas as áreas de manufatura que consomem recursos , e os produtos consomem , então , as atividades . "

Neste sentido , tais atividades incluem :

- relações com fornecedores
- compras e recebimentos de materiais
- preparação de equipamentos
- operação de equipamentos
- reorganização do fluxo de produção
- alterações do produto
- etc

O desempenho destas atividades é que determinarão o consumo de recursos, devendo ter uma análise cuidadosa no sentido de se estabelecer critérios com relação a atividades que adicionam valor ao produto e que não adicionam valor ao produto , procurando objetivar registros e análises que permitam o estabelecimento de um novo sistema de custeio .

Utilizando-se dessa forma bases específicas de alocação de custos para cada atividade , deve-se buscar um sistema que permita mensurar com mais propriedade a quantidade de recursos consumidos por cada produto durante o processo de manufatura .

Dentro desta ótica , um novo sistema de custeio denominado **ABC (Activity Based Costing)** surgiu procurando suprir as inadequações dos sistemas tradicionais . O ABC constituiu a espinha dorsal do desenvolvimento de um projeto de pesquisa denominado CMS (Cost Management System) , iniciado em 1986 , e que estava subordinado a um consórcio internacional denominado CAM - I (Computer Aided Manufacturing - International).

Esse consórcio era formado por organizações industriais , firmas de organização contábil , universidades e órgãos governamentais , com o propósito de definir o papel do gerenciamento dos custos em ambientes com níveis elevados de automação da manufatura . O consórcio CAM - I definiu 05 componetes básicos da estrutura do projeto CMS , sendo que tal projeto deveria ser conduzido inicialmente em 03 fases [Brimson ,1988] :

FASE I - Projeto Conceitual : elaboração de princípios de gerenciamento de custos que fossem aplicáveis a modernos ambientes de manufatura .

FASE II - Projeto do Sistema : ajustes dos princípios elaborados na FASE I utilizando uma metodologia para projetar o sistema .

FASE III - Implementação : teste dos conceitos e desenvolvimento de estratégias de implementação .

A **FIGURA 16** esquematiza os 05 componentes do projeto CMS , mostrando a interrelação entre os mesmos .

Alguns autores [Nakagawa,1991 ; Cooper&Kaplan,1991 ; The Economist, 1990 ; Berlant et alli,1990 ; O'Guin,1990 ; King,1991 ; Brausch,1992 ; Chalos,1992] já delinearam as linhas principais deste novo sistema , distinguindo-se os seguintes conceitos chaves :

- eliminação de custos de atividades que não adicionam valor ao produto
- contabilidade por atividades
- apropriação dos custos por atividades desenvolvidas
- estabelecimento de metas e estratégias determinadas pelo mercado

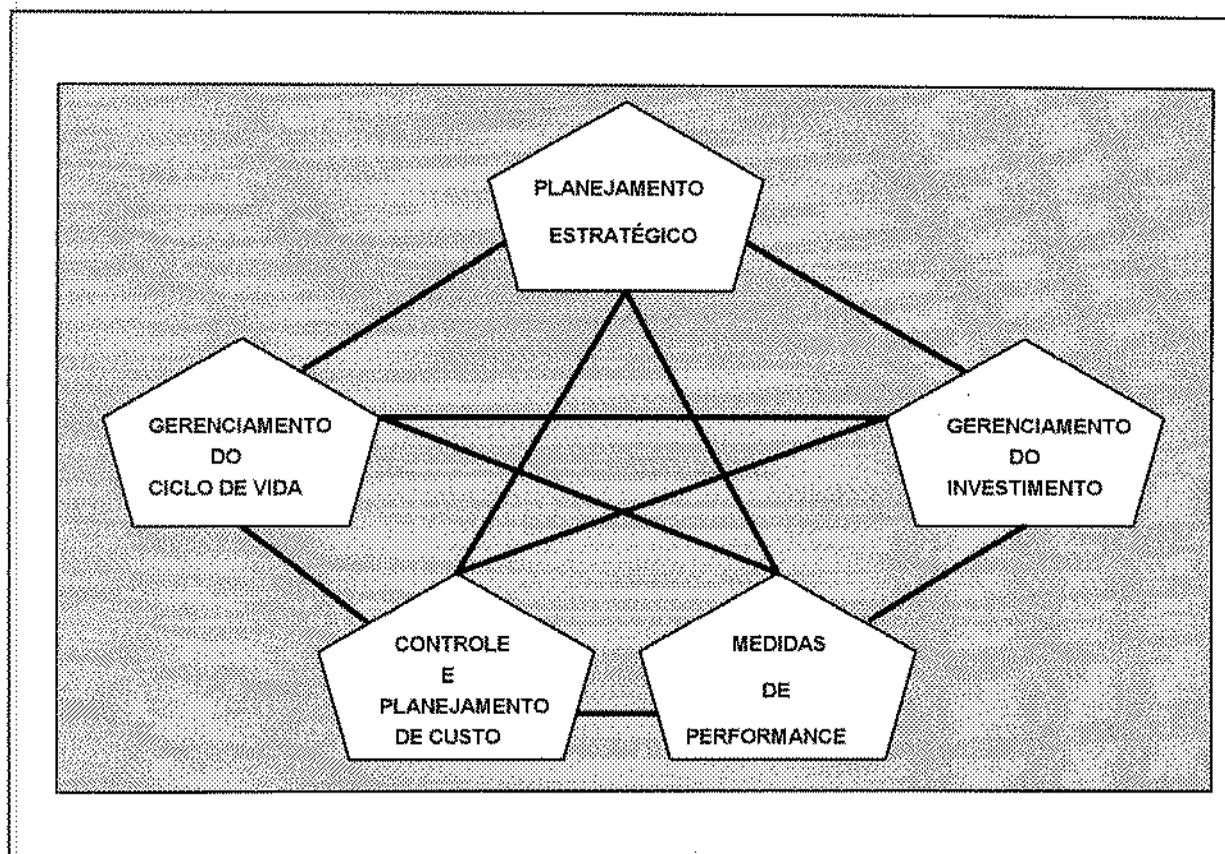


FIGURA 16 : Estruturação do Projeto CMS [Brimson,1988]

Nakagawa [1991] , citando Berlinger e Brimson , acrescenta que a meta destes novos sistemas de custeio é gerar informações que auxiliem as empresas a utilizar seus recursos de maneira mais lucrativa , produzindo serviços ou produtos que sejam competitivos em termos de : custos , qualidade , funcionabilidade e pontualidade no cumprimento de prazos. Neste sentido , objetiva-se :

- criar um modelo contábil , identificando os custos dos recursos consumidos para desempenhar as atividades relevantes à empresa .
- mensuração de desempenho , determinado a eficácia das atividades desempenhadas .
- gestão de investimento , identificando e avaliando as novas atividades que possam contribuir para um melhor desempenho da empresa .

- adequação dos objetivos da empresa dentro de um ambiente caracterizado por mudanças e inovações tecnológicas.

Assim torna-se necessário uma avaliação de fases de implantação destes tipos de sistema , bem como a sua estruturação , sendo que o próximo item deste trabalho aborda alguns aspectos neste sentido .

3.3.3 - A estruturação hierárquica do Sistema de Custeio baseado em Atividades .

Os objetivos a serem atingidos por uma empresa são alcançados à medida que,cada grupo especializado dentro da organização desempenhe suas atividades .

Burbidge [1988] classifica 08 grupos principais dentro de uma empresa , os quais estão ligados às atividades de manufatura , ATABELA 13 descreve os grupos e as funções desempenhadas pelos mesmos :

Dentro desta conceituação , Nakagawa[1991] ressalta a necessidade de se conceituar claramente o que sejam **funções , atividades e tarefas** . Assim :

- **Função** : é o grupo de atividades que tem um objetivo comum dentro da empresa.Um exemplo seria a função de produzir fisicamente um produto,a qual consistiria de atividades individuais que modificariam a forma do material no seu estado original.A importância de cada função varia em função do contexto organizacional de cada empresa e dos ambientes que caracterizam as indústrias,podendo ser decompostas em processos,que representam o conjunto de atividades que ocorrem dentro de uma organização.
- **Atividades** : é aquela ação que se torna necessária para atingir as metas e os objetivos da função.As atividades podem ser definidas também em termos de elementos informativos necessários para o desempenho e geração do produto.Assim poderiam constituir atividades : processos de fabricação , tratamentos térmicos, tratamentos termoquímicos, inspeções, montagens, etc.As atividades podem por sua vez, serem decompostas em : tarefas, subtarefas e operações .
- **Tarefas, Subtarefas e Operações** : são os elementos de trabalho de uma atividade .

Dessa forma , poderia-se relacionar estes conceitos , tomando-se o exemplo da TABELA 14 .

Em muitos casos , as funções são demasiadamente abrangentes para permitir um adequado monitoramento e as tarefas demasiadamente detalhadas de modo a

que se possa garantir um efetivo controle . Assim , a atividade é a etapa que apresenta melhores características de monitoramento e controle

TABELA 13 : Classificação de Grupos e Funções [Burbidge,1988]

GRUPOS	FUNÇÕES
Finanças	Inclui todas as atividades relacionadas com o planejamento em termos monetários
Pessoal	Organização e outras tarefas correlatas que dizem respeito a itens como salários , condições de trabalho , assistência médica , etc
Projeto	Planejamento do estado final dos produtos ou serviços a serem gerados pela empresa
Planejamento Industrial	Planejamento de recursos necessários , "lay - out" e sequência das atividades de trabalho a serem executadas para obtenção do produto
Marketing	Planejamento de vendas , promoções e distribuição dos produtos ou serviços oferecidos
Controle da Produção	Planejamento do suprimento de materiais e das atividades de processo da empresa
Compras	Planejamento das fontes , formas de compra e entrega do material adquirido
Administração Geral	Inclui as atividades de formação e dissolução da firma , a diretoria , os acionistas e os serviços gerais

TABELA 14 : Exemplificação de Função , Atividade e Tarefa , segundo Nakagawa [1991]

FUNÇÃO : Produção do Eixo Principal
--

ATIVIDADES	TAREFAS
USINAGEM	<ul style="list-style-type: none"> - Furar centros - Usinagem Externa de Desbaste - Usinagem Externa de Acabamento - Sangramento de Canal - Usinar Rosca - Retificar assentos do rolamento
TRATAMENTO TÉRMICO	<ul style="list-style-type: none"> - Têmpera - Revenimento
TRATAMENTO TERMOQUÍMICO	<ul style="list-style-type: none"> - Cementação
INSPEÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar Tolerâncias Dimensionais - Verificar Tolerâncias Geométricas
MONTAGEM	<ul style="list-style-type: none"> - Montar rolamentos

Outra importante caracterização em termos de hierarquia de uma abordagem ABC é feita por Cooper[1991], onde se discutem as relações existentes entre as despesas necessárias para se manter uma fábrica em operação, possibilitando uma visão estruturada entre os recursos existentes e as atividades que os consomem . São propostos 4 níveis principais de atividades :

- Nivel de Atividades de Apoio à Infraestrutura
- Nivel de Atividades de Apoio à Produção
- Nivel de Atividades de Produção em Lotes
- Nivel de Atividades de Produção por Unidade de Peça

A FIGURA 17 indica tais atividades e as principais despesas a elas associadas .

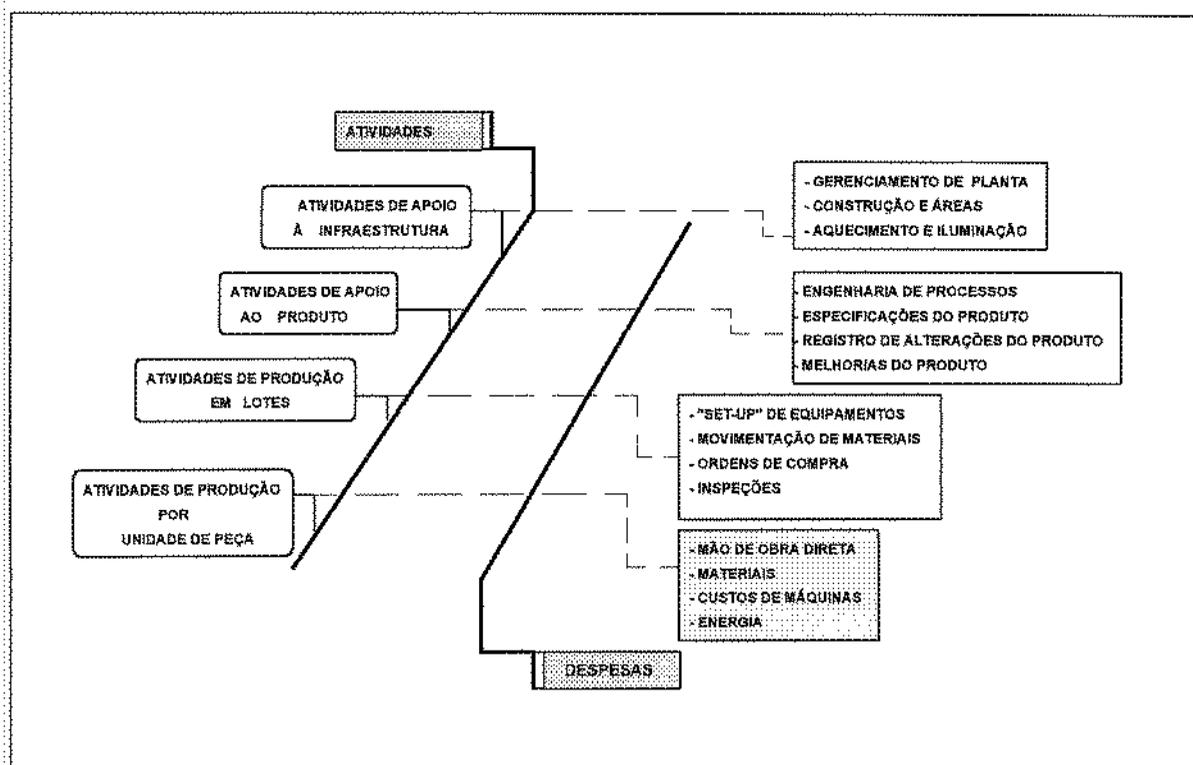


FIGURA 17 : Atividades e Despesas Associadas, segundo Cooper [1991] .

Esta análise permite distinguir as despesas de mão de obra direta , materiais e energia elétrica que são realmente consumidas ao nível de atividades de produção por unidade de peça daquelas despesas que são necessárias para atividades de produção em lotes , apoio ao produto e apoio à infraestrutura .

Cooper [1991] acrescenta que a tendência à alocação de despesas em uma base de custo centrada em atividades de produção por unidade de peça , é geral quando se analisa um sistema de custeio . No entanto , a alocação de todas as despesas a nível de unidades individuais de produto , pode gerar uma sinalização errônea da situação , estimulando a impressão de que os custos estão atrelados invariavelmente à quantidade de peças produzidas .

Tomando-se como exemplo os recursos consumidos à nível de produção em lotes , constata-se que a quantidade de recursos consumidos cresce à medida que aumenta

o número de lotes , e não à medida que cresce o número de peças dentro de cada lote . Da mesma forma , analisando-se as atividades de apoio ao produto verifica-se que os recursos consumidos variam à medida que diferentes produtos são produzidos , não importando o número de peças ou o número de lotes .

Dessa forma , segundo Cooper [1991] , uma análise através de um Sistema Tradicional de Custeio , pode ser contraproducente à medida que tenderia a direcionar ações a nível de unidade de peça produzida , fazendo com que a redução de despesas se desse prioritariamente através de redução de mão-de-obra direta , materiais e tempo de utilização de equipamentos . Algumas destas ações poderiam ser benéficas e necessárias , mas em muitos casos o seu impacto nos custos totais seriam aquém do esperado .

Algumas questões podem ser levantadas com relação à afirmação do referido autor . Uma delas seria que as atividades de produção em lotes estão ligadas ao número de peças de cada lote à medida que o equipamento teria de ser paralizado para trocas de ferramentas desgastadas ou que sofreram avarias , sendo maior esta frequência de paralizações à medida que fossem maiores as quantidades de peças em cada lote . Contudo , a tendência atual de produção direciona-se para lotes cada vez menores , o que viria a reduzir o número de paralizações de equipamento devido a estes fatores .

Outra vantagem a ser citada das abordagens ABC quando comparadas com os sistemas tradicionais de manufatura, é a possibilidade de se poder operar também com informações estratégicas , haja visto que os sistemas tradicionais de custeio operam em sua grande maioria com informações meramente contábeis. Essa vantagem possibilitaria aos sistemas ABC , numa etapa posterior , efetuar uma análise comparativa da rentabilidade da empresa com relação aos seguintes aspectos :

a) Clientes Diferenciados - permitiria à empresa analisar a lucratividade proporcionada por cada cliente , verificando :

LUCRATIVIDADE PROPORCIONADA PELO CLIENTE	=	MARGEM DE CONTRIBUIÇÃO DO CLIENTE	-	DESPESA DE MANUTENÇÃO DO CLIENTE
---	----------	--	----------	---

A Margem de Contribuição do Cliente é determinada pela receita das vendas geradas pelos produtos comprados pelo cliente menos as despesas associadas ao produto . As Despesas de Manutenção do Cliente são aquelas que são imputadas ao cliente independente do volume e dos tipos de produtos adquiridos pelo cliente , sendo constituídas principalmente por : despesas de viagens ao cliente ; despesas de contatos com o cliente (telefonemas , fax , correspondências , etc) ; despesas de desenvolvimento e manutenção de informações sobre o cliente (mercados de atuação , operações executadas , situação financeira , etc)

b) **Marcas e Linhas de Produto** - permite à empresa analisar a lucratividade de cada produto , verificando :

LUCRATIVIDADE DO PRODUTO	=	RECEITAS OBTIDAS COM O PRODUTO	-	DESPESAS ASSOCIADAS AO PRODUTO
--------------------------------	---	--------------------------------------	---	--------------------------------------

Com relação a este fator , torna-se necessário fazer um esclarecimento de que seriam Marcas e Linhas de produto . As Marcas de Produto são distinguidas por bases tecnológicas distintas para a sua produção . As Linhas de Produto podem reunir diferentes produtos fabricados sob uma mesma base tecnológica.Exemplificando estas definições, poderia-se citar no caso da indústria automobilística , a fabricação de carros e caminhões . Neste caso , teria-se marcas de produtos diferentes (marca:carro e marca:caminhão) sendo que dentro de cada marca existiriam diferentes linhas de produto (Ex. marca-carro : linha *standard* , linha esporte , linha luxo , etc) .

Dessa maneira , no que se refere às despesas associadas ao produto , deve-se fazer uma distinção entre as despesas associadas a cada linha de produto (Ex. promoções, propagandas,manutenção do produto no mercado , etc) das despesas que se associam à marca do produto (Ex. pesquisa, desenvolvimento , propagandas associadas à marca , etc). Com relação às despesas associadas à marca de um produto , mesmo que conduzidas quando do desenvolvimento dentro de uma linha específica , deve-se procurar avaliar bases mais amplas de alocação .

O próximo item deste trabalho , analisará um modelo que tem como base o valor adicionado ao produto e os tempos de manufatura .

3.4 - Caracterização de um Modelamento tendo como abordagem o Valor Adicionado ao Produto e os Tempos de Manufatura .

3.4.1 - Análise Geral do Modelo .

O modelo descrito neste capítulo propicia a análise dos sistemas de manufatura , tendo como base uma estratégia funcional , procurando aumentar a capacidade de adição de valor ao produto em função do tempo.

Através deste modelamento propõe-se :

- analisar e mensurar a capacidade de adição de valor ao produto de um sistema produtivo .
- direcionar os investimentos para aumento da capacidade de adição de valor e remoção de pontos de gargalos produtivos .
- dividir as operações existentes em um processo , bem como a cadeia de atividades que suprem este processo , em operações que adicionam valor ao produto e operações que não adicionam valor ao produto .

3.4.2 - Objetivos e Metodologia de Implantação .

A análise geral do modelo permite mensurar a capacidade de adição de valor de um sistema produtivo , possibilitando também indicar áreas de deficiências e atividades que não adicionam valor ao produto , agindo no sentido de direcionar ações com maior acuracidade . Existe também a possibilidade de desenvolvimento de métodos para a análise do custo total baseado no tempo , propiciando o desenvolvimento de uma metodologia organizacional .

Na implantação de um modelamento de avaliação da capacidade de adição de valor no decorrer do tempo , deve-se observar :

a) como objetivo primário , quando da reestruturação da organização ou do planejamento produtivo , deve-se considerar a capacidade de adição de valor nas entradas e a sua conversão em saídas (produtos acabados) .

b) o produto ou o serviço devem ser encarados como ponto focal de toda a reestruturação , planejamento e infraestrutura organizacional .

c) deve-se concentrar , acima de tudo , na habilidade da organização em adicionar valor ao produto , analisando o tempo decorrido a fim de se identificar desperdícios, restrições e custos negativos .

Dessa forma se estabelece uma linha de objetivos a serem alcançados na fase de implementação do modelo :

- **Objetivo 1** - Mensurar a capacidade de adição de valor de um sistema produtivo e de sua cadeia de suprimentos .
- **Objetivo 2** - Otimizar o sistema produtivo total através de investimentos em organização, equipamentos, tecnologias, treinamentos, sistemas de controle e comunicação .
- **Objetivo 3** - Utilizar o Modelo de Análise Geral para direcionar os investimentos .
- **Objetivo 4** - Realizar análises de auditoria com relação às mudanças efetuadas e avaliar os resultados obtidos .
- **Objetivo 5** - Buscar o desenvolvimento de uma metodologia com elos de ligação entre o custo dos investimentos e a melhoria do sistema produtivo .

Barker [1992-b] , citando Wisner e Fawcell , acrescenta que o desenvolvimento de modelos que avaliem a performance de um sistema produtivo , no sentido de direcionar decisões de reestruturação e investimentos , tem sido uma área crítica .

O modelo proposto suporta critérios para a tomada de decisões e proporciona um elo de ligação através de um amplo espectro de atividades estratégicas .

As maiores vantagens deste modelamento , segundo Barker [1992-b] , reside nos seguintes aspectos :

- o modelo tem como principal variável o tempo que é uma grandeza universal . O objetivo maior consiste na redução dos tempos de manufatura , sendo que cada redução em determinada atividade implica em reduções no tempo total de manufatura, significando menores tempos para fabricação de um produto final , afetando entre outros fatores : nível de estoques , capital de giro , atendimento ao cliente , etc .
- torna-se possível efetuar uma análise do sistema produtivo antes de investimentos ou reestruturações , direcionando os planos de melhorias na cadeia de suprimentos ou em atividades internas ao ambiente de manufatura .
- possibilidade de monitoração do investimento efetuado em melhorias no processo de conversão de entradas em saídas. Essa possibilidade minora as distorções na análise do sistema produtivo .
- o enfoque de capacidade de valor adicionado positivo ou negativo pode ser utilizado para todos os estágios de desenvolvimento da empresa .

A **FIGURA 18** mostra a esquematização do modelamento proposto.

Pode-se notar que torna-se possível avaliar a capacidade de conversão de entradas e saídas do sistema produtivo , bem como avaliar a cadeia de suprimento de

componentes , adquiridos de terceiros , necessários para o processo . Dessa forma , pode-se conduzir a análise desde a aquisição dos componentes para a fabricação de um produto , até a sua disponibilidade para fornecimento ao cliente .

Este ciclo divide-se , pelo modelo proposto , em 03 fases :

- **Fase I** : Atividades do Processo Pré-Produtivo
- **Fase II** : Atividades do Processo Produtivo
- **Fase III** : Atividades do Processo Pós-Produtivo

O próximo ítem descreverá pontos importantes de cada fase .

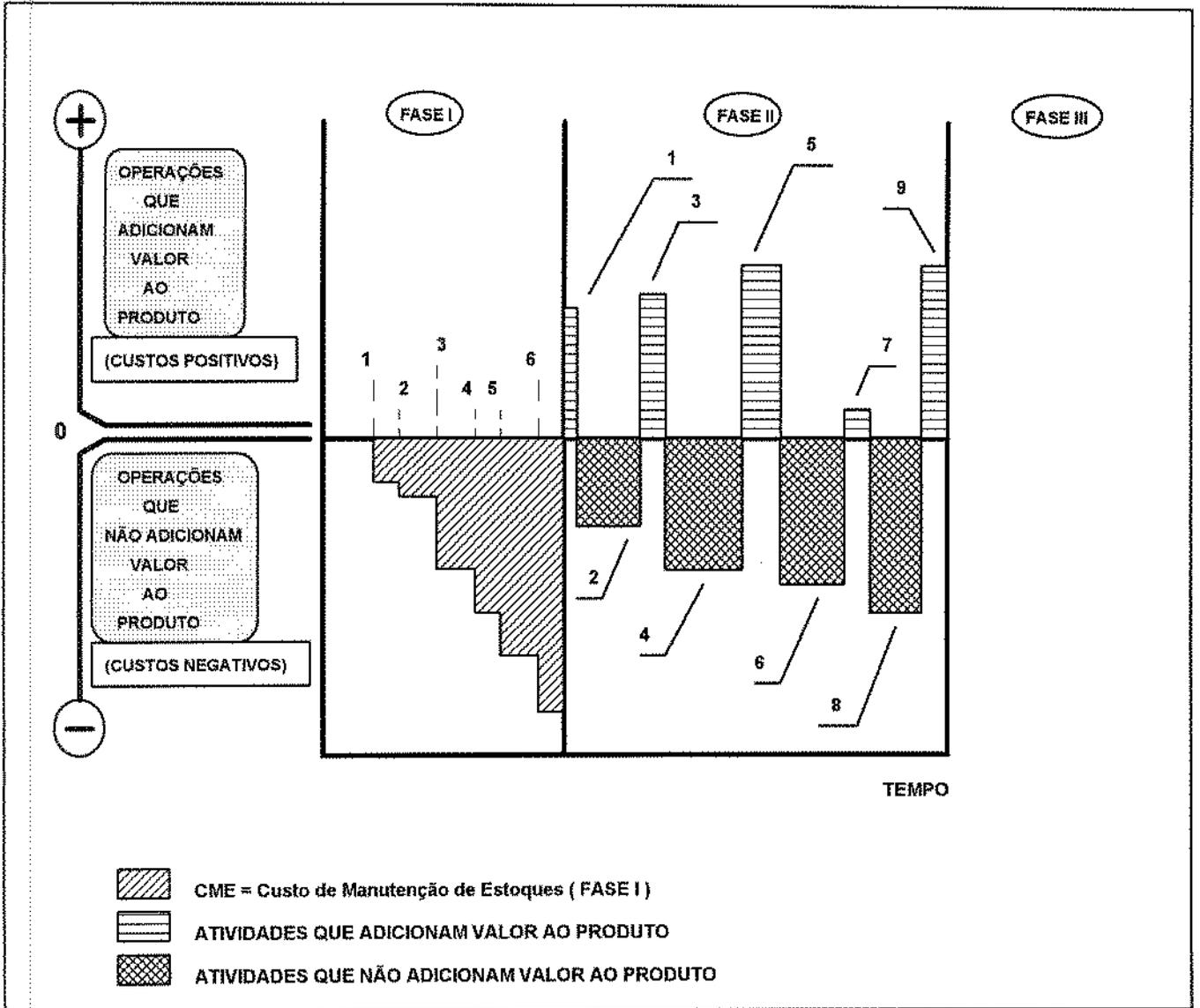


FIGURA 18 - Modelo de Input / Output (Barker,1990-a).

3.4.3 - Análise das Fases do Ciclo Produtivo do Produto .

Fase I : engloba principalmente as atividades de aquisição de materiais e/ou componentes necessários para que se inicie o processo produtivo . Tomando-se como exemplo a FIGURA 18 verifica-se que os componentes e/ou materiais 1,2,3,4,5 e 6 são necessários para que se de início à Fase II . Existe um tempo decorrido para a aquisição destes materiais , sendo que cada material envolve obviamente um custo de aquisição . Pelo modelo proposto , os custos de aquisição destes itens , são classificados como custos que não adicionam valor ao produto (custos com valores negativos) durante a Fase I , sendo cumulativos com o decorrer do tempo , até que se desse início ao processo de transformação destes itens . Dessa forma , a área hachurada sob o tempo decorrido para a aquisição dos itens , estaria associada aos custos relativos à manutenção de estoques de matérias-prima e/ou componentes necessários ao processo produtivo (Fase II) , sendo definidos para este trabalho como :

$$\begin{aligned}
 C_{ME} = & C_1.t_{1-2} + (C_1 + C_2).t_{2-3} + (C_1 + C_2 + C_3).t_{3-4} + \dots \\
 & \dots + (C_1 + C_2 + C_3 + C_4).t_{4-5} + (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5).t_{5-6} + \dots \\
 & \dots + (C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6).t_{6-s}
 \end{aligned} \tag{1}$$

Ou de forma generalizada , poderia-se definir a expressão (1) por :

$$\begin{aligned}
 C_{ME} = & C_j . t_{i-1+1} + (C_j + C_{j+1}) . t_{i+1-1+2} + \dots \\
 & \dots + (C_j + C_{j+1} + \dots + C_n) . t_{n-s}
 \end{aligned}$$

A expressão acima pode ser definida como expressão (2) , sendo que :

C_{ME} = Custo de Manutenção de estoques durante a Fase I

C_j = Custo de Aquisição do item j (Matéria-Prima e/ou componente)

t_{i-1+1} = Tempo decorrido desde a aquisição de um item até a aquisição do item seguinte

n = Número de ítems necessários para que se inicie as atividades do processo produtivo (Fase II)

s = Início da Fase II

Agrupando-se os ítems componentes da expressão (2) poderia-se expressá-la por :

$$C_{ME} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^i [C_j \cdot (t_{i-j+1})] \quad (3)$$

A expressão (3) , portanto , associa através da área hachurada da figura os custos relativos à aquisição dos ítems necessários para que se de início ao processo produtivo da Fase II .

Com relação à terminologia adotada de Custo de Manutenção de Estoques durante a Fase I (C_{ME}) , torna-se necessário ressaltar que tais custos estão relacionados , para efeitos deste trabalho , somente com os custos de aquisição de um determinado ítem e seu tempo de permanência aguardando o início da Fase II .

Para o modelamento a ser desenvolvido , o C_{ME} não envolve os custos típicos de armazenamento de materia - prima e/ou insumos produtivos (Ex. recebimento , transportes , estocagem , movimentações , etc) . O C_{ME} deve ser encarado portanto , como o valor da área hachurada gerada pelo custo de aquisição do ítem versus o tempo de aguardo até o início da Fase II .

Assim , estas observações são importantes e devem ser consideradas , pois antes de envolverem apenas uma questão terminológica , envolvem um conceito chave do modelo a ser avaliado.

No entanto , essa definição é feita assumindo-se a hipótese que não haveria uma correção monetária do capital empregue durante o tempo decorrido da aquisição de um a outro ítem .

Essa situação distancia-se da realidade , principalmente em economias sob processos inflacionários , à medida que os tempos decorridos de aquisição de um para outro ítem são longos .

A FIGURA 19 elucida as situações descritas .

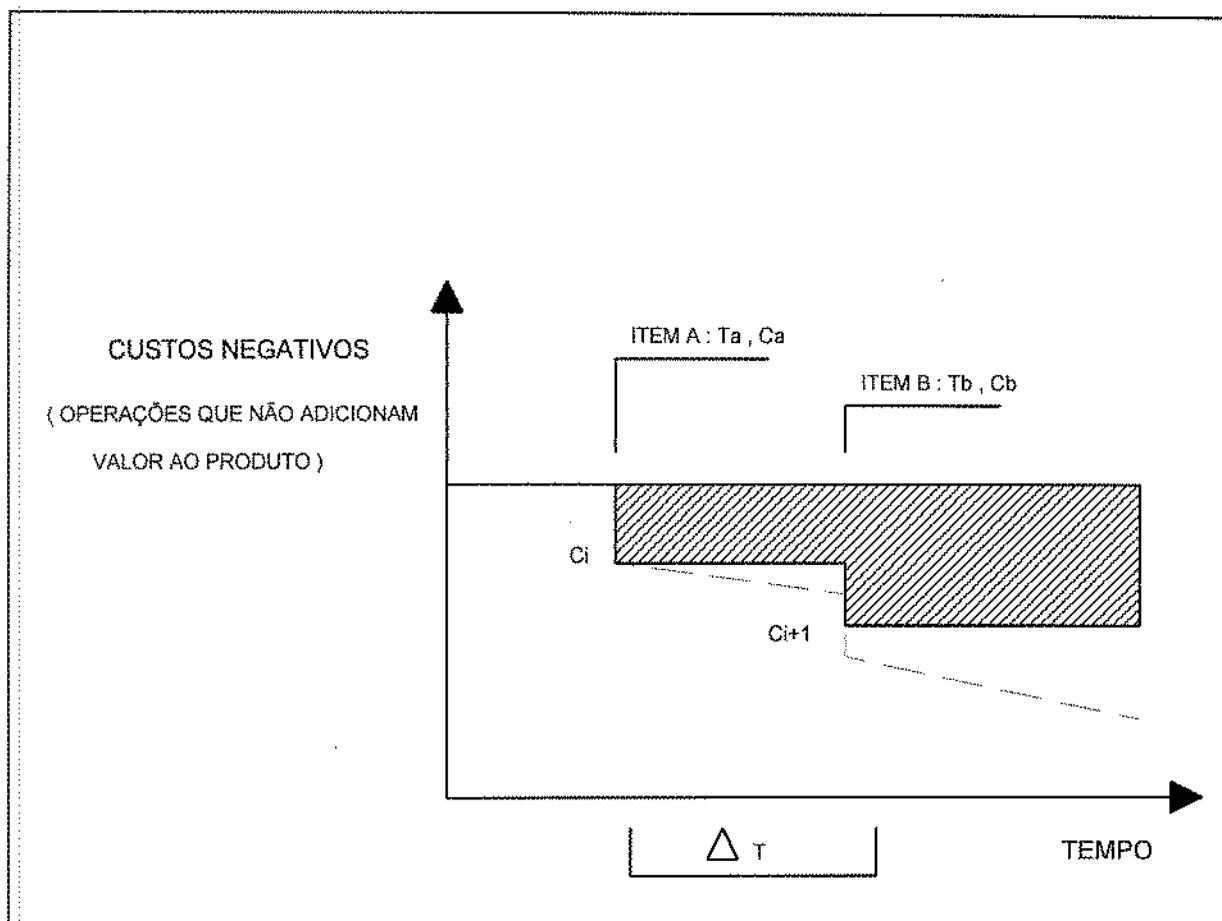


FIGURA 19 : Avaliação dos Custos Negativos considerando a Variação de Capital .

Neste caso , o item a foi adquirido em t_a a um custo de aquisição C_a , sendo o item b adquirido em t_b ($t_b = t_a + \delta t$) a um custo de aquisição C_b . Supondo-se que a Fase I se inicie com a aquisição do item a , e sendo C_i o custo de manutenção de estoques , teria-se :

$$t_a \text{ -----} \rightarrow C_i = C_a$$

$$t_b \text{ -----} \rightarrow C_{i+1} = C_a + C_b$$

Contudo , decorrido um tempo δt entre a aquisição dos itens A e B , o valor de C_i seria agora representado por C_i' , sendo :

$$C_i' = C_i + \delta C_{a-b} \quad , \text{ onde :}$$

$$\delta C_{a-b} = \text{ taxa de variação do capital empregue desde aquisição do item A até a aquisição do item B}$$

Assim , o valor de C_{i+1} deveria ser alterado para C_{i+1}' , o qual representaria :

$$C_{i+1}' = C_a + C_b + \delta C_{a-b}$$

Dessa maneira , levando-se em consideração a taxa de variação do capital empregue entre as aquisições dos itens de um produto durante a Fase I , os custos de manutenção de estoques seriam expressos por :

$$C_{ME} = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{k-1} \{ [C_j \cdot (t_{-i+1})] + [\delta C_j \cdot (t_{-i+1})] \} + [\delta C_{i-i+1} / 2 \cdot (t_{-i+1})] \quad (4)$$

A expressão (4) seria composta , portanto , das seguintes parcelas :

$C_j \cdot (t_{-i+1})$ = custo de manutenção de estoques devido à aquisição do item durante o período de tempo transcorrido de t_i a t_{i+1} .

$\delta C_j \cdot (t_{-i+1})$ = custo de manutenção de estoques medindo o valor incorporado devido à variação do capital de um item no item seguinte .

$\delta C_{i-i+1} / 2 \cdot (t_{-i+1})$ = custo de manutenção de estoques medindo o valor da variação do capital desde a aquisição de um item até o recebimento do item seguinte

As FIGURAS 20 e 21 mostram a esquematização gráfica das situações representadas pelas expressões (3) e (4). Nestas figuras , supondo-se que cada item tenha um custo de aquisição de 1 unidade monetária (1 un \$) e que durante os períodos a taxa de variação de capital seja de 10% durante cada período , teríamos as situações representadas nas TABELAS 15 e 16 .

Dessa forma , pode-se avaliar o impacto da consideração da taxa de variação do capital empregue na aquisição dos itens até que se transcorra o tempo para o início das atividades do Processo Produtivo (Fase II) .

Um ponto a ser considerado com relação ao desenvolvimento da expressão (4), é que assumiu-se que os custos de aquisição dos itens são imputados à medida que tais produtos já estejam disponíveis para as atividades da Fase II .

Poderia-se argumentar que existem prazos entre a aquisição de um item e o pagamento deste item, sendo que para efeitos deste trabalho esta hipótese não será considerada .

Fase II : englobam as atividades do processo produtivo propriamente ditas , ou seja , as atividades onde os materiais e/ou componentes estão aguardando ou estão em processamento nos centros de trabalho , estipulados pelo roteiro de fabricação do produto . Tomando-se como exemplo a **FIGURA 18** pode-se verificar que existem 09 atividades durante a Fase II , sendo que :

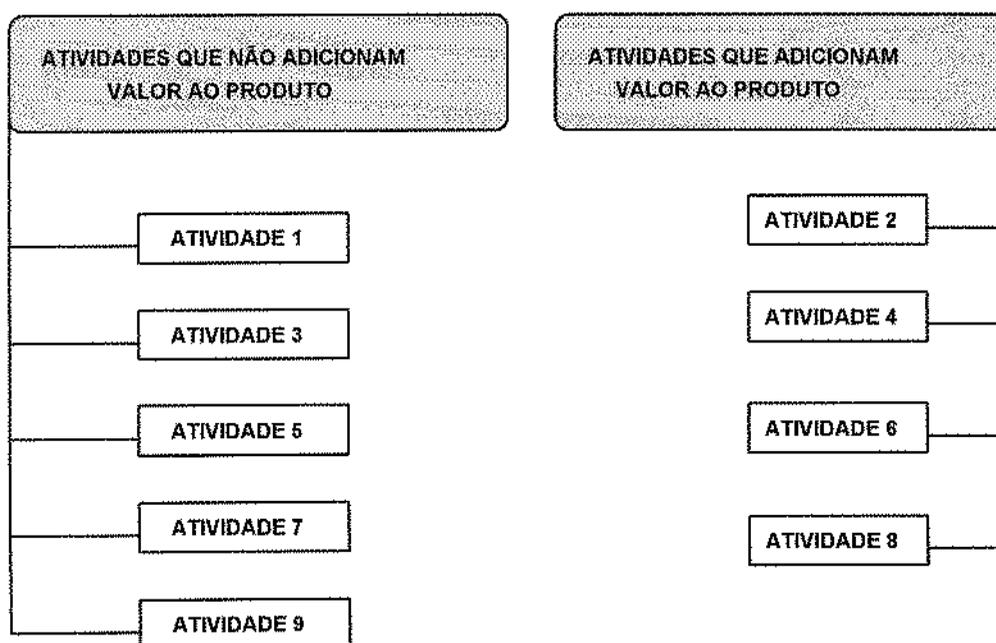


TABELA 15 : Situação sem a ocorrência da Taxa de Variação do Capital no decorrer do Tempo .

C_j (unidade \$)	δC_j (unidade \$)	Cme_j (unidade \$)
$C_1 = 1,0$	$\delta C_1 = \text{zero}$	$Cme_1 = C_1 + \delta C_1 = 1,0$
$C_2 = 1,0$	$\delta C_2 = \text{zero}$	$Cme_2 = C_1 + \delta C_1 + C_2 + \delta C_2 = 2,0$
$C_3 = 1,0$	$\delta C_3 = \text{zero}$	$Cme_3 = C_1 + \delta C_1 + \dots + C_3 + \delta C_3 = 3,0$
$C_4 = 1,0$	$\delta C_4 = \text{zero}$	$Cme_4 = C_1 + \delta C_1 + \dots + C_4 + \delta C_4 = 4,0$
$C_5 = 1,0$	$\delta C_5 = \text{zero}$	$Cme_5 = C_1 + \delta C_1 + \dots + C_5 + \delta C_5 = 5,0$
$C_6 = 1,0$	$\delta C_6 = \text{zero}$	$Cme_6 = C_1 + \delta C_1 + \dots + C_6 + \delta C_6 = 6,0$

TABELA 16 : Situação com a ocorrência da Taxa de Variação do Capital no decorrer do Tempo .

C_j (unidade \$)	δC_j (unidade \$)	Cme_j (unidade \$)
$C_1 = 1,0$	$\delta C_1 = \text{zero}$	$Cme_1 = C_1 + \delta C_1 = 1,0$
$C_2 = 1,0$	$\delta C_2 = 0,10$	$Cme_2 = C_1 + \delta C_1 + C_2 + \delta C_2 = 2,1$
$C_3 = 1,0$	$\delta C_3 = 0,21$	$Cme_3 = C_1 + \delta C_1 + \dots + C_3 + \delta C_3 = 3,3$
$C_4 = 1,0$	$\delta C_4 = 0,33$	$Cme_4 = C_1 + \delta C_1 + \dots + C_4 + \delta C_4 = 4,6$
$C_5 = 1,0$	$\delta C_5 = 0,46$	$Cme_5 = C_1 + \delta C_1 + \dots + C_5 + \delta C_5 = 6,1$
$C_6 = 1,0$	$\delta C_6 = 0,61$	$Cme_6 = C_1 + \delta C_1 + \dots + C_6 + \delta C_6 = 7,7$

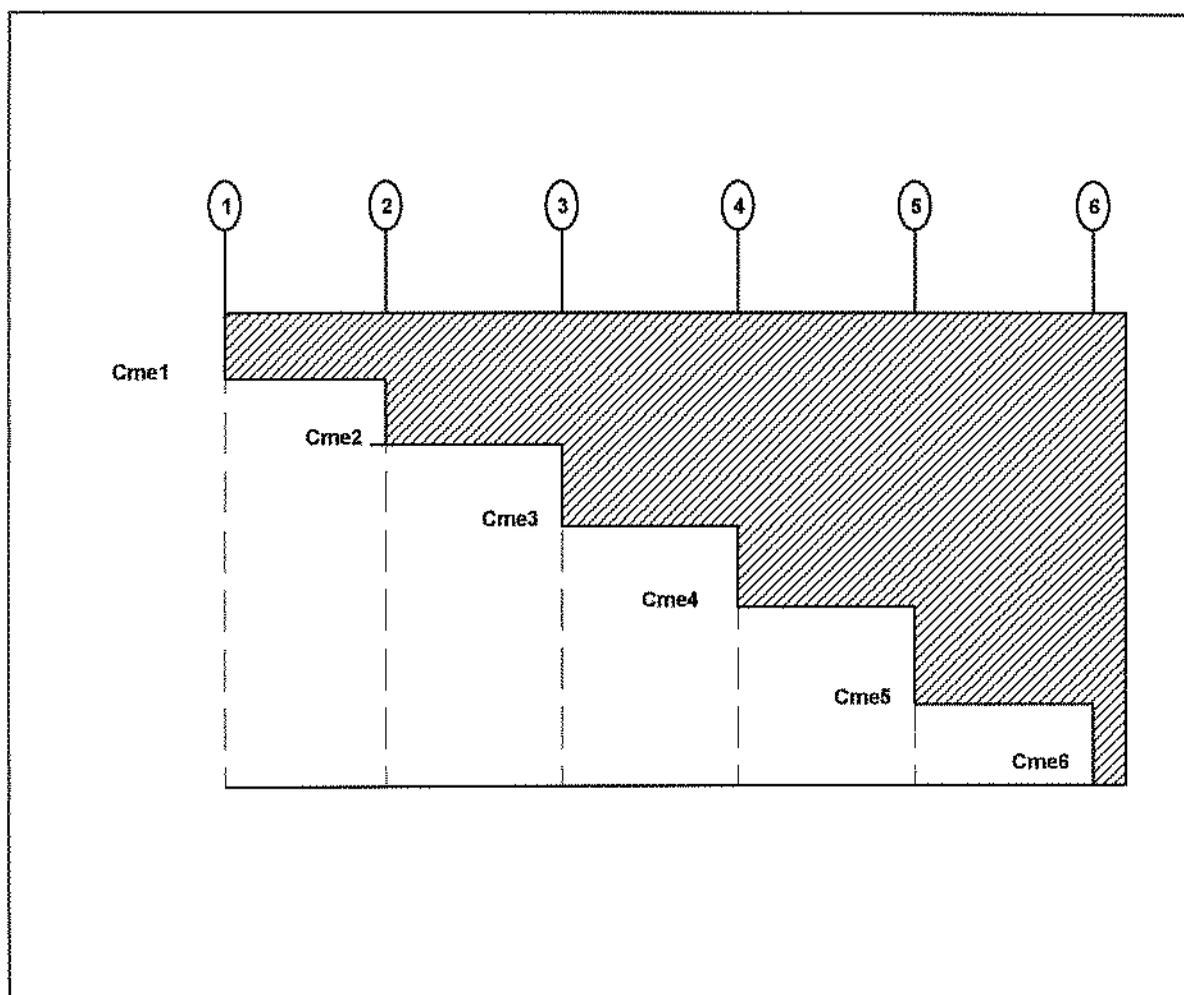


FIGURA 20 : Custo de Manutenção de Estoques durante a FASE I sem a ocorrência da Taxa de Variação de Capital no decorrer do Tempo .

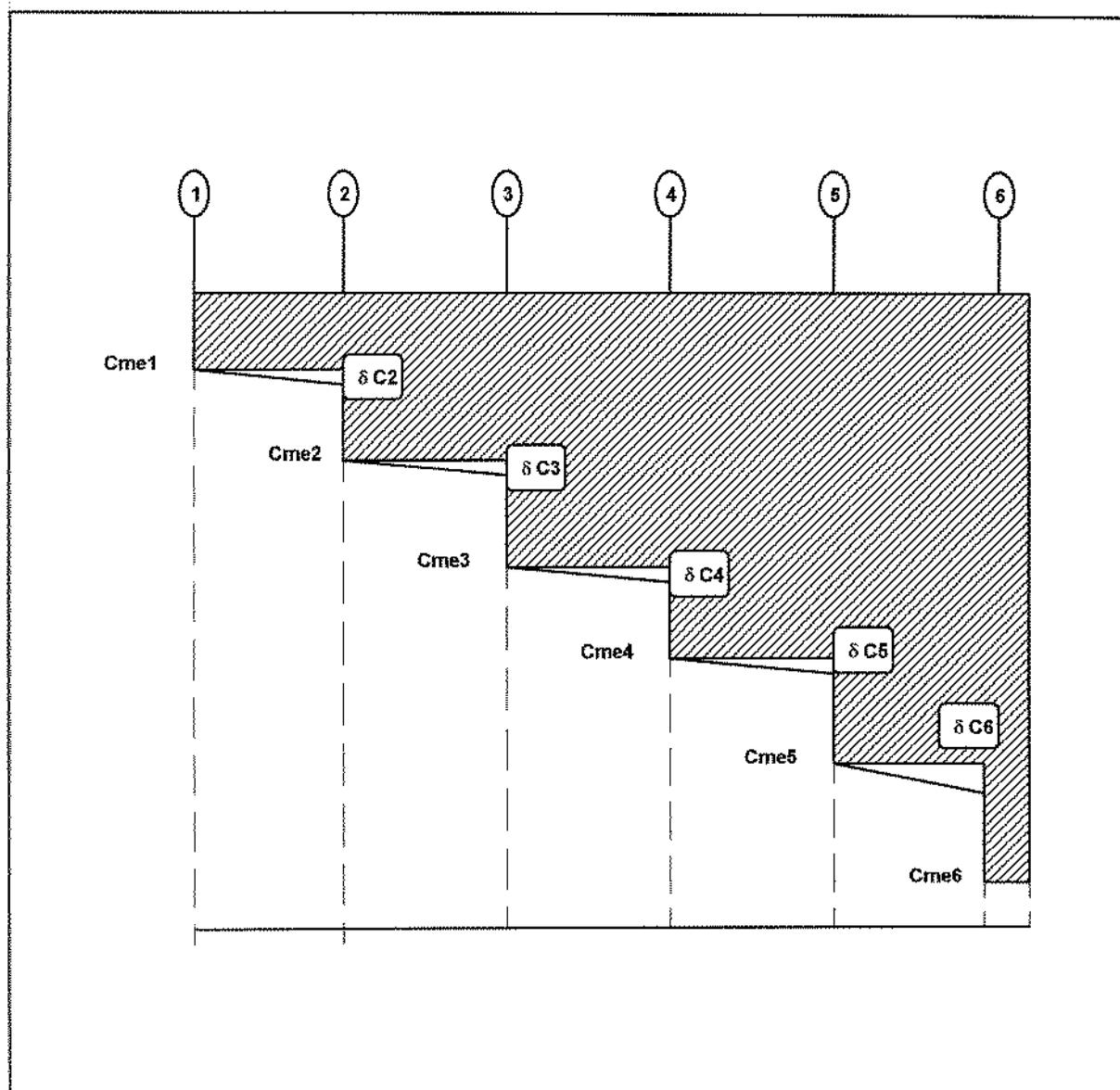


FIGURA 21 : Custo de Manutenção de Estoques durante a FASE I com a ocorrência da Taxa de Variação de Capital no decorrer do Tempo .

Dentro desta conceituação , pode-se exemplificar como Atividades que Adicionam Valor ao Produto , aquelas que estão ligadas aos processos estipulados em um roteiro de fabricação (Ex. usinagem , conformação plástica , tratamentos térmicos e/ou

termoquímicos , fundição , soldagem , etc) e a montagem do produto e/ou subproduto . As Atividades que Não Adicionam Valor ao Produto são aquelas em que os materiais e/ou componentes aguardam sua vez de serem processados nos centros de trabalho , englobando : tempos de espera em filas , tempos de estocagem , movimentação entre centros de trabalho , tempos de ajuste de equipamentos , etc.

As Atividades que Adicionam Valor ao Produto teriam um **valor positivo** , ao passo que as Atividades que NÃO Adicionam Valor ao Produto teriam um **valor negativo** . Também de acordo com o modelo , uma atividade que não adicionasse valor ao produto teria o valor absoluto igual ao valor das atividades precedentes que adicionaram valor a este mesmo produto . Doravante neste trabalho denominar-se-a :

- **AAVP** = Atividade que Adiciona Valor ao Produto

- **ANAVP** = Atividade que NÃO Adiciona Valor ao Produto

A **FIGURA 22** mostra a situação onde :

C1 , C2 , C3 = Custo das respectivas AAVPs

C2 , C4 , C6 = Custo das respectivas ANAVPs

Denominando-se :

C_{vp} = Custo de **AAVP**

C_{nvp} = Custo de **ANAVP**

Tem-se que :

$$C_{VP} = \sum_{i=1}^n C_{VPi} \quad (5)$$

$$C_{NVP} = \sum_{j=1}^k C_{NVPj} \quad (6)$$

onde :

n = número de atividades que adicionam valor ao produto .

k = número de atividades que não adicionam valor ao produto .

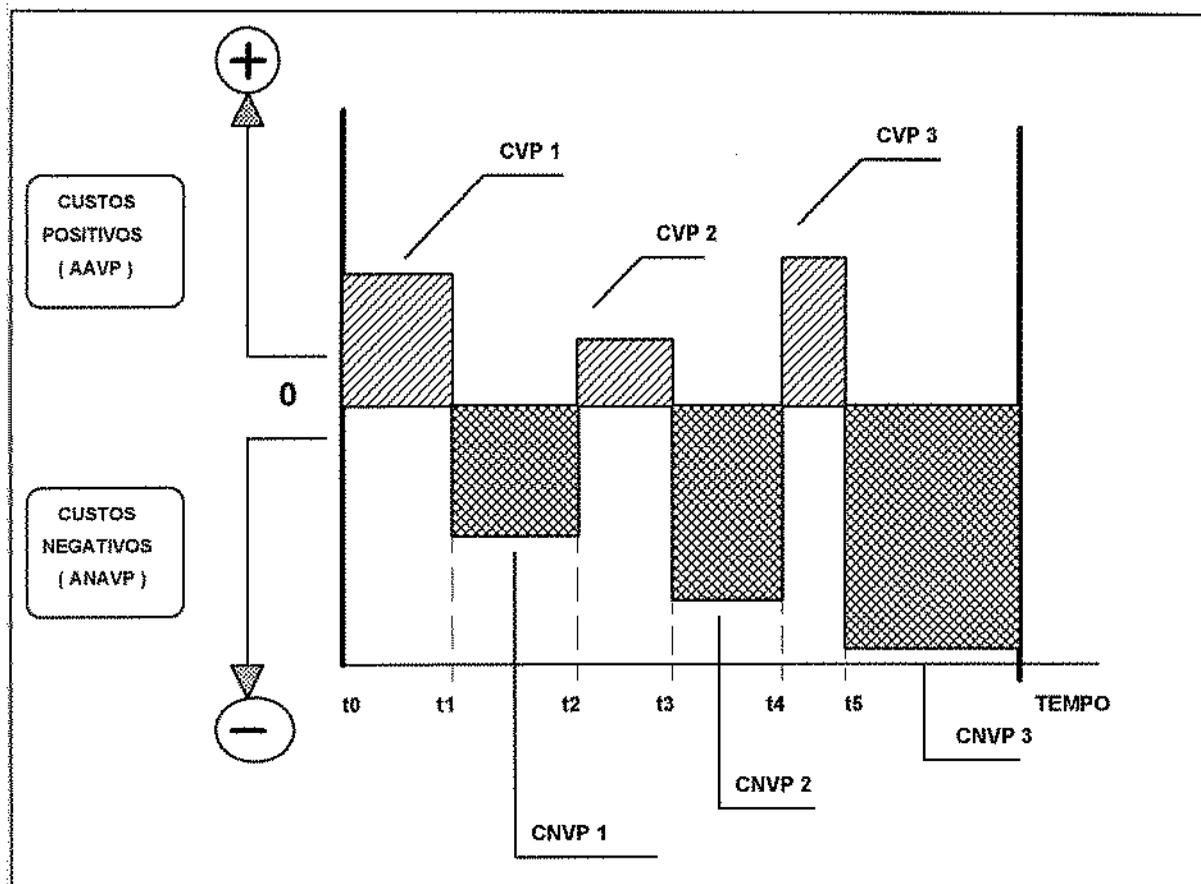


FIGURA 22 : Custo de Manutenção de Atividades (AAVP / ANAVP)

Pela FIGURA 22 tem-se que :

$$\text{Cnvp 1} = \text{Cvp1}$$

$$\text{Cnvp 2} = \text{Cvp1} + \text{Cvp2}$$

$$\text{Cnvp 3} = \text{Cvp1} + \text{Cvp2} + \text{Cvp3}$$

Dessa maneira , o montante dos custos originários das ANAVP sera dado por:

$$C_{NVP_j} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^J C_{VP_i}$$

De maneira análoga ao que foi desenvolvido na Fase I deste diagrama , pode-se associar a área hachurada na parte de custos negativos , como uma inatividade do capital empregue , durante o espaço de tempo decorrido entre as AAVP . Quanto maior esta área hachurada , menor a eficiência do sistema produtivo na conversão de entrada em saídas .

Da mesma forma , pode-se associar a área hachurada na parte de custos positivos , como uma eficiência na utilização do capital no decorrer do tempo , sendo mais eficiente o sistema produtivo de conversão de entradas em saídas à medida que as áreas que representem custos positivos sobrepujem as áreas que representem custos negativos .

Para associar os custos das atividades com o tempo decorrido, pode-se definir duas variáveis :

Cmvp = Custo de Manutenção de Atividade que Adiciona Valor ao Produto .

Cmnvp = Custo de Manutenção de Atividade que NÃO Adiciona Valor ao Produto

Assim , teria-se que :

$$Cmvp_j = Cvp_j \cdot (\delta t)_j \quad (8)$$

$$Cmnvp_j = Cnvp_j \cdot (\delta t)_j \quad (9)$$

onde :

δt_i = tempo decorrido desde o início até o término da AAVPi

δt_j = tempo decorrido desde o início até o término da ANAVPj

C_{vpi} = custo da AAVPi

C_{nvpj} = custo da ANAVPj

C_{mvp_i} = custo de manutenção da AAVPi durante o transcorrer de tempo δt_i

C_{mnvp_j} = custo de manutenção da ANAVPj durante o transcorrer de tempo δt_j

Os valores totais de C_{mvp} e C_{mnvp} serão dados por:

$$C_{MVP \text{ TOTAL}} = \sum_{i=1}^n C_{VP_i} \cdot (\delta t)_i \quad (10)$$

$$C_{MNVP \text{ TOTAL}} = \sum_{j=1}^k C_{NVP_j} \cdot (\delta t)_j \quad (11)$$

O objetivo, portanto, deste modelo é focalizar a necessidade de diminuição das atividades que não adicionam valor ao produto, indicando as atividades que necessitam de otimização, tanto em termos de diminuição de tempos como diminuição dos custos.

Existem indicações que as ANAVP são preponderantes durante o processo produtivo de manufatura, principalmente quando da produção em lotes. Além disso, conforme avaliado por Merchant [1977] e constatado por Barker [1990-a, 1991-b], as AAVP não ultrapassam 5% dos tempos totais de manufatura.

Novamente, conforme desenvolvido na Fase I deste modelo, torna-se necessário incluir entre as atividades, a taxa de variação do capital no transcorrer do tempo. Esta alteração visa avaliar também os custos financeiros durante os períodos transcorridos.

No entanto, nesta Fase II serão levados em consideração as taxas de variação de capital das ANAVP, pois segundo alguns autores [Merchant, 1977; Barker, 1990-a] estas atividades ainda são significativamente predominantes com relação ao período total de manufatura.

Dessa forma, da expressão (9) tem-se que:

$$C_{mvp_j} = C_{nvp_j} \cdot (\delta t)_j$$

Considerando δC_{MNPj} como a taxa de variação do capital durante a manutenção da ANAVPj no período $(\delta t)_j$, tem-se para um conjunto k de atividades :

$$C_{MNVP} = \sum_{j=1}^k [C_{NVPj} . (\delta t)_j + \delta C_{NVPj}]$$

Seguindo-se as considerações adotadas na Fase I , com relação à taxa de variação do capital , tem-se para a Fase II :

$$C_{MNVP} = \sum_{j=1}^k [C_{NVPj} . (\delta t)_j] + \sum_{j=1}^k [\delta C_{NVP_{j-1}} . (\delta t)_j + \delta C_{NVPj} / 2 . (\delta t)_j]$$

A expressão acima , denominada expressão (12) , é composta das seguintes parcelas :

$C_{NVPj} . (\delta t)_j$ = custo de manutenção da atividade não produtiva j , durante o tempo δt_j transcorrido desta atividade .

$C_{NVP_{j-1}} . (\delta t)_j$ = custo de manutenção da atividade não produtiva j-1 , medindo a variação do capital incorporado durante o tempo δt_j transcorrido desta atividade .

$\delta C_{NVPj} / 2 . (\delta t)_j$ = custo de manutenção da atividade não produtiva j , medindo a variação do capital durante o tempo transcorrido δt_j desta atividade .

Dessa maneira , através da expressão (12) seria possível quantificar os custos de manutenção de atividades que não adicionam valor ao produto durante a Fase II, de maneira análoga ao procedimento da Fase I .

Fase III : englobaria as atividades a serem executadas após o término do processo produtivo , ou seja , com o produto final acabado . Tais atividades estariam basicamente ligados à natureza do produto e a estratégia de empresa com relação à comercialização do mesmo , envolvendo desde a manutenção de estoques do produto acabado , política de vendas , prazo de entregas , formas de pagamento , etc .

Apesar de ser uma das fases de vital importância no sentido da sobrevivência da empresa no mercado , estas questões não serão abordadas neste trabalho .

3.5 - Comentários

Neste capítulo foi elaborada a conceituação teórica de um modelamento de avaliação de avaliação estratégica de estruturas de manufatura , indicando como pontos principais :

- estabelecimento de uma conceituação baseada na capacidade de agregar valor ao produto , em um determinado sistema de manufatura .
- focalização das funções de produção , adotando uma avaliação do processo produtivo através das atividades necessárias para a obtenção de um produto .
- classificação em atividades que adicionam valor ao produto e atividades que não adicionam valor ao produto .
- custeio das atividades adotando como base de alocação o tempo dispendido na execução de cada atividade .

Foi abordado também neste capítulo , uma análise das 03 fases do ciclo produtivo de um produto , avaliando pontos com relação a :

- análise do efeito da variação de capital , quando da aquisição de componentes e/ou materiais para o início da etapa produtiva de um produto .
- análise do custo de manutenção de estoques de materiais em processo , durante a fase produtiva .

No capítulo seguinte far-se-á uma descrição sobre as etapas relativas a aplicação do modelo descrito , em um ambiente de manufatura , analisando o caso de uma empresa fabricante de transmissões automotivas .

CAPITULO 4

APLICAÇÃO DO MODELO DE " INPUT - OUTPUT "

4.1 - Introdução

Neste capítulo serão feitas as aplicações do modelo de "Input - Output" , descrito com detalhes no capítulo III deste trabalho . Os dados foram coletados a partir de situações reais vivenciadas por uma empresa do ramo metal - mecânico da região de Campinas , envolvendo dentro desta empresa os seguintes departamentos : Processo e Projetos, Manufatura , Controladoria e Planejamento Estratégico .

O principal objetivo almejado foi aplicar o modelo de "Input - Output" e estabelecer a comparação dos resultados obtidos para duas estruturas de manufatura que tivessem diferentes níveis de automação , os quais permitissem uma caracterização dentro dos conceitos de sistema convencional de manufatura (SCM) e sistema flexível de manufatura (SFM) , descritos anteriormente no capítulo II .

Dentre as etapas desenvolvidas para a coleta de dados e elaboração do trabalho, pode-se citar como principais :

- escolha de 02 itens fabricados pela empresa que apresentassem similaridade a nível de produto e de processos , sendo produzidos um no SCM e outro no SFM .
- levantamento de todas as atividades envolvidas no processo produtivo de cada produto .
- obtenção dos tempos dispendidos em cada atividade para cada um dos produtos.
- levantamento dos custos envolvidos no processo produtivo das 02 linhas de produtos .
- aplicação do modelo com a obtenção de gráficos e índices comparativos .

Estas etapas foram desenvolvidas basicamente através de observações das linhas de produção dos SCM e SFM , bem como através de reuniões e contatos pessoais com funcionários da empresa pertencentes a cada uma das áreas envolvidas .

As descrições detalhadas dos procedimentos experimentais adotados , bem como a aplicação do modelo "Input - Output" para os dois produtos escolhidos , serão descritos nos itens seguintes deste capítulo .

4.2 - Considerações sobre a Elaboração do Trabalho

4.2.1 - Características Relativas à Empresa

A empresa onde foi conduzida a parte experimental , tem como principal produto a fabricação de transmissões automotivas utilizadas no segmento de veículos de passeio e de carga , bem como para veículos pesados denominada linha "off - road" . A produção destina-se tanto para o mercado interno como para o mercado externo .

Com relação ao tipo de estrutura de mercado em que a empresa se insere , pode-se dizer que assemelha-se a um oligopólio diferenciado concentrado ou misto [Tavares,1986] , cujas características mais marcantes , a nível de Brasil , são :

- elevada concentração técnica e economica .
- diferenciação do produto em marcas , modelos e faixas de renda , o que é decisivo na concorrência , inclusive na formação de barreiras a entrada de novas firmas .
- ampla dominância das empresas internacionais nos mercados maiores e mais concentrados , e alguma participação de empresas nacionais , mesmo que em associações com as estrangeiras , nos mercados menores e menos concentrados .

A existência de um parque de máquinas-ferramenta na empresa com distintos graus de automação (universais , semi-automáticas , automáticas , CNC , etc) , bem como a implantação de linhas de manufatura compostas por arranjos convencionais e células de manufatura , tornou adequado o ambiente para a comparação de distintos níveis tecnológicos .

Outro aspecto importante diz respeito ao caráter organizacional da empresa , o que possibilitava o acesso a uma documentação relativa a projetos , roteiros de fabricação, tempos de manufatura e outras informações relativas às áreas de planejamento e controle da produção .

4.2.2 - Características Relativas ao Produto .

Em função do objetivo deste trabalho , ou seja , a aplicação de um modelamento visando a comparação de duas diferentes estruturas de manufatura que pudessem ser classificadas dentro dos conceitos de sistema convencional de manufatura

(SCM) e sistema flexível de manufatura (SFM), procurou-se selecionar inicialmente um mesmo produto que fosse fabricado pelas duas linhas de produção.

No entanto, isto não foi possível devido a inexistência de um mesmo produto que fosse produzido nos SCM e SFM. Dessa forma, efetuou-se uma análise a nível de produtos da empresa, buscando-se aqueles que viessem a preencher as seguintes condições:

- existência de similaridade tanto a nível de produto como a nível de processo, que viesse a caracterizá-los como componentes de uma família de peças.
- existência a nível de processo, dos mais variados tipos de operações que possibilitassem uma caracterização mais realista quando da aplicação do modelo de análise.
- produtos que apresentassem características similares com relação à matéria prima, no que diz respeito a: estrutura material, aspectos geométricos, grau de acabamento da matéria prima, etc.
- supridas as características anteriores, os produtos deveriam ser fabricados nos SCM e SFM.

Os primeiros levantamentos indicaram que provavelmente as peças que preenchiam estas características estariam dentro do grupo das peças prismáticas usinadas na empresa. Ao analisar este grupo de peças, verificou-se que os fundidos de carcaças de transmissões denominados de carcaças de caixa de mudanças, eram as peças que preenchiam todas as características desejadas. Dentre este grupo de carcaças foram escolhidos dois tipos que eram produzidos um no SCM e outro no SFM, sendo classificados a nível da empresa como:

- carcaça de caixa de mudanças referência 4300 - 218, produzida no SCM.
- carcaça de caixa de mudanças referência 021766, produzida no SFM.

Para efeitos deste trabalho, os produtos acima citados serão denominados de carcaça de caixa de mudanças SCM e carcaça de caixa de mudanças SFM. Os aspectos gerais de cada carcaça podem ser visualizados na TABELA 17 e na FIGURA 23.

Características mais detalhadas das duas carcaças, tanto a nível de processo como a nível do produto, serão descritas nos próximos ítems deste capítulo.

TABELA 17 : Características Gerais das Carcaças a Nível de Processo e Produto

CARACTERISTICAS	CARCAÇA DE CAIXA DE MUDANÇAS SCM	CARCAÇA DE CAIXA DE MUDANÇAS SFM
Estado Inicial	Peça Fundida	Peça Fundida
Material	Ferro Fundido	Ferro Fundido
Principais Operações de Usinagem	- Fresamento - Furação - Mandrilamento - Rosqueamento	- Fresamento - Furação - Mandrilamento - Rosqueamento
Inspeção Dimensional	Existente	Existente
Limpeza da Peça	Existente	Existente
Identificação da Peça	Existente	Existente
Peso	45,5 kg	56 kg

4.2.3 - Características Relativas aos Sistemas de Manufatura

Os tipos de sistemas de manufatura escolhidos (SCM e SFM) , produzem ambos um total de 19 diferentes tipos de carcaças de transmissões, sendo que as características principais de cada sistema são descritas a seguir:

- **Sistema Convencional de Manufatura (SCM)** : constituído por máquinas, onde são processadas atualmente 09 tipos de carcaças . O sistema de transporte entre as máquinas é realizado através de esteira com roletes , onde os próprios operadores de máquinas movimentam as peças entre os centros de trabalho de acordo com o roteiro de fabricação da peça . As operações de carga e descarga das peças também são realizadas pelos operadores de máquinas , sendo que esta linha possui um número variável de operários em função do tipo de carcaça a ser produzido. Para a carcaça em questão , durante o processo produtivo , são necessários 17 operários . O arranjo físico relativo a este sistema de manufatura esta ilustrado na FIGURA 24 .

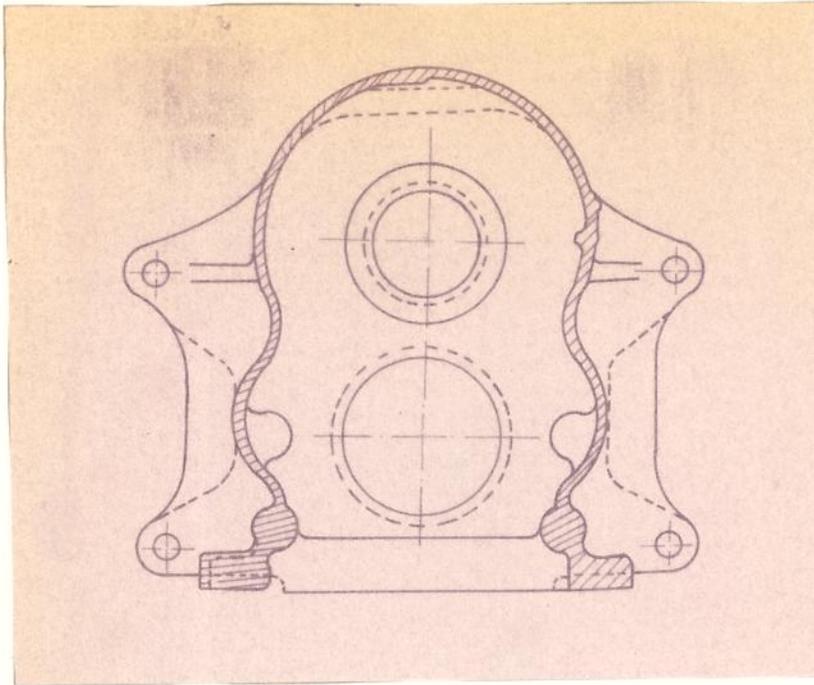
- **Sistema Flexível de Manufatura (SFM)** : constituído por 04 centros de usinagem e uma máquina automática para furação e rosqueamento, produzindo atualmente 10 diferentes tipos de carcaças . O sistema de transporte de peças , bem como a carga e

descarga nos centros de usinagem , é feito automaticamente através de "pallets" existentes no sistema . Para operá-lo necessita-se de 02 operários sendo que o arranjo físico relativo a este sistema esta ilustrado na FIGURA 25 .

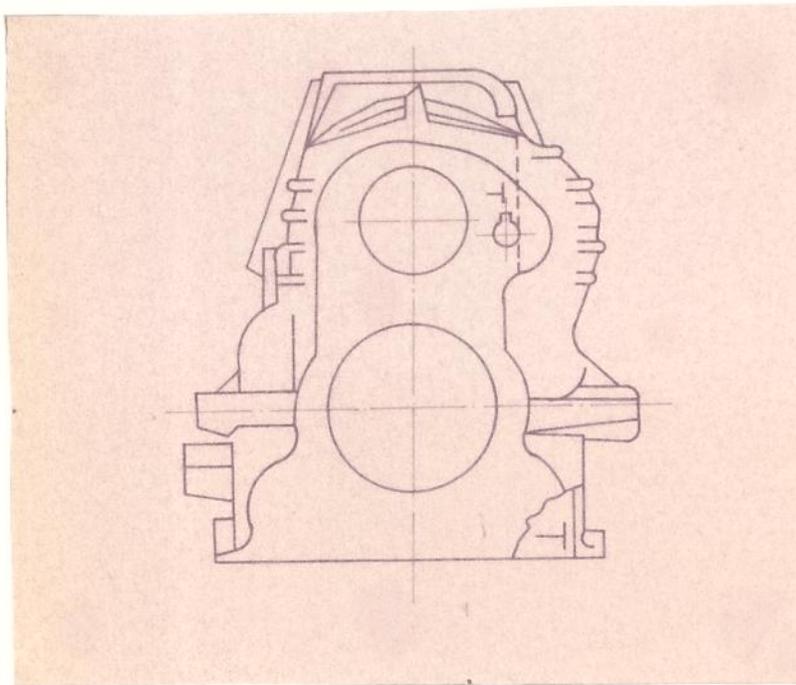
Alguns aspectos comparativos , relativos às características dos dois sistemas , podem ser visualizados na TABELA 18 .

TABELA 18 : Aspectos Característicos dos Sistemas de Manufatura

CARACTERÍSTICAS	SISTEMA CONVENCIONAL DE MANUFATURA	SISTEMA FLEXÍVEL DE MANUFATURA
Equipamentos	Convencionais	CNC
Transporte entre Máquinas	Manual , através de esteira com roletes	Automatizado , através de "pallets" programáveis
Carga e Descarga na Linha	Por Talhas , realizada pelos operadores	Por Talhas , realizada pelos operadores
"Set-up" da Linha	Lento , por volta de 9 horas e 30 minutos para o produto em questão	Rápido , por volta de 12 minutos para o produto em questão
"Set-up" do Ferramental	Interno ao sistema	Externo ao sistema
Inspeção Dimensional	Frequência maior , dependendo da operação e do número de peças executadas	Frequência menor , geralmente realizada por turno de trabalho
Sistema de Monitoramento das Ferramentas	Exercido pelo operador	Exercido pelo equipamento



(a) Carcaça Produzida no Sistema Convencional de Manufatura



(b) Carcaça Produzida no Sistema Flexível de Manufatura

FIGURA 23 : Tipos de Carcaças produzidas nos SCM (a) e SFM (b) .

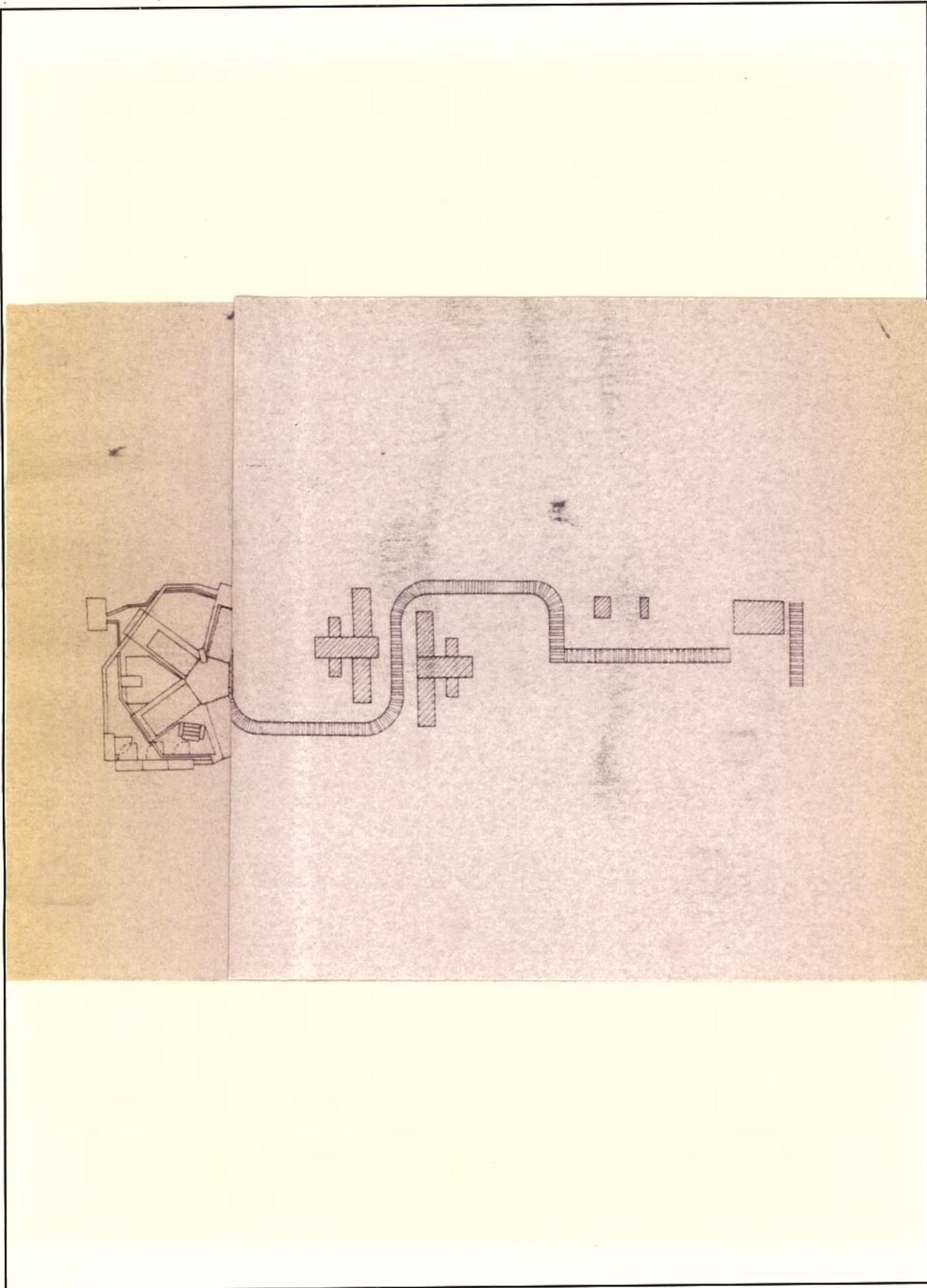
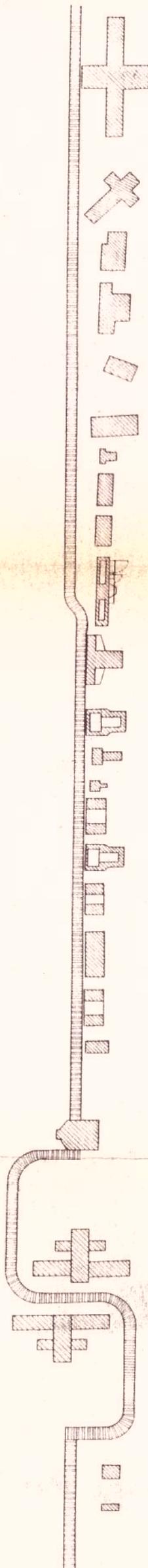
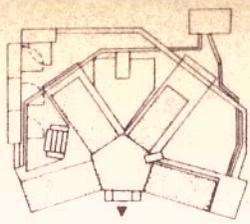


FIGURA 24 : Arranjo Físico do Sistema Convencional de Manufatura



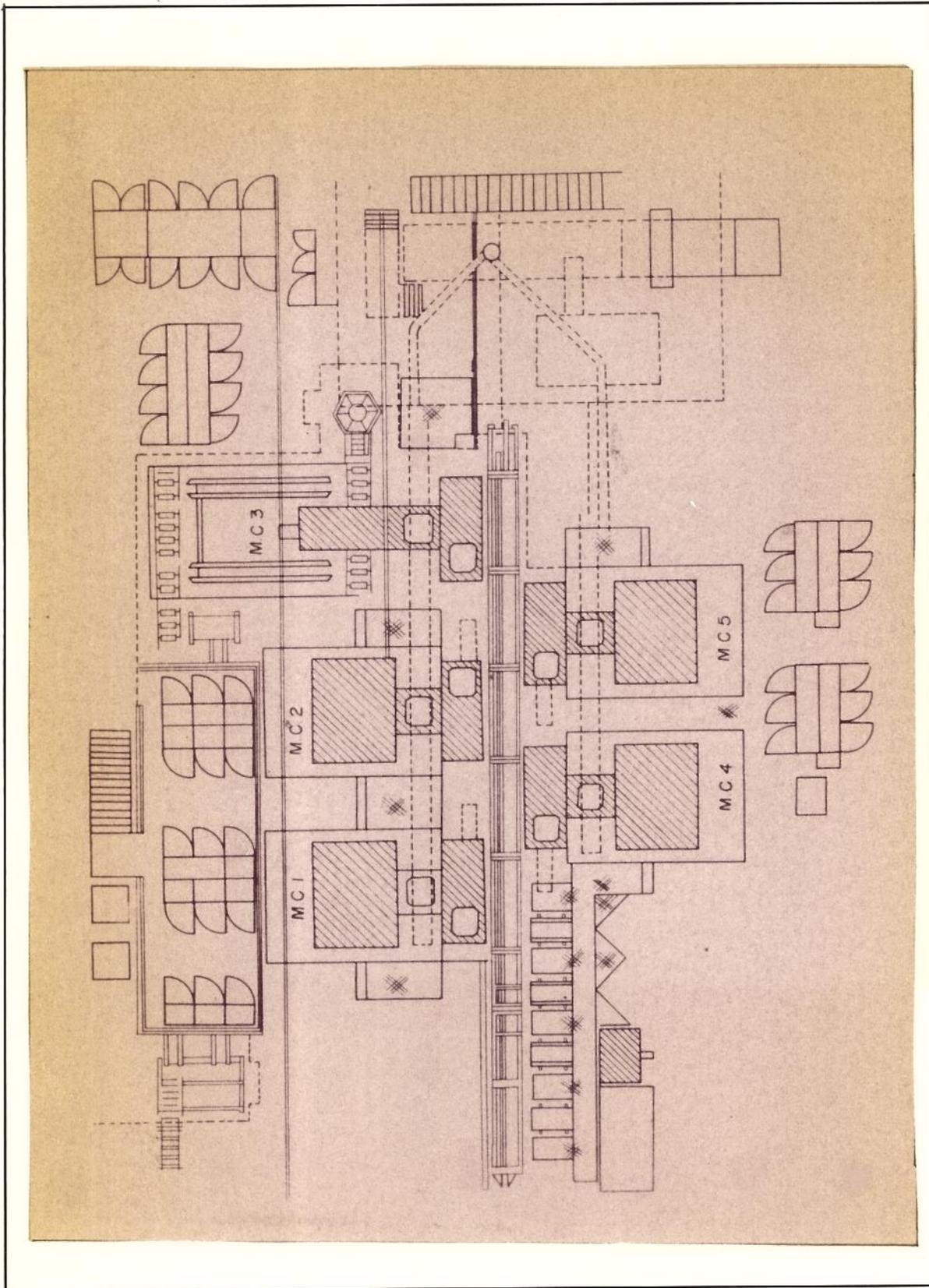


FIGURA 25 : Arranjo Físico do Sistema Flexível de Manufatura

4.3 - Procedimentos Experimentais Adotados .

4.3.1 - Areas Envolvidas na Empresa .

Em função do desenvolvimento teórico proposto para a aplicação do modelo, foram necessárias várias etapas para a obtenção de todos os dados , sendo envolvidas 04 áreas principais dentro da empresa :

- Planejamento Estratégico : foram conduzidos os trabalhos no sentido de levantar os produtos que fossem similares e que pudessem ser produzidos nos sistemas de manufatura SCM e SFM , concluindo com a escolha das carcaças de caixas de mudanças citadas no item anterior .

- Engenharia de Processos e Projetos : foram obtidos os dados relativos aos roteiros de fabricação de cada produto que incluíam as operações executadas , equipamentos utilizados , tempo-padrão máquina , tempo-padrão homem e quantidade produzida .

- Engenharia de Fabricação : nesta área foram levantados os dados relativos aos tempos de carga e descarga , movimentação de peças entre os centros de trabalho , tempos e frequência de inspeções e tempos de " set-up " .

- Controladoria : foram conduzidos os trabalhos de definições dos centros de lucros onde estavam alocadas as operações de fabricação de cada produto , bem como a atribuição de valores às respectivas operações , que por motivos de sigilo da empresa na divulgação de tais dados , apresentam-se de uma forma representativa que sera melhor definida nos itens posteriores .

A condução do trabalho deu-se principalmente através de visitas de observações as linhas produtivas e reuniões com engenheiros , economistas , contabilistas , analistas de tempos , analistas de processos , técnicos , operários e outros profissionais envolvidos nas áreas anteriormente citada .

4.3.2 - Levantamento e Coleta de Dados

Essa parte constituiu-se de várias etapas , que se encadearam no sentido de fornecer subsídios para a aplicação final do modelo . Os itens a seguir descrevem os procedimentos adotados , bem como os dados que foram obtidos :

a) Determinação das Operações dos Roteiros de Fabricação

Foram obtidos os dados relativos às operações do processo de fabricação de cada carcaça , tempos padrões expressos em horas - máquina e horas - homem e os

centros de trabalho em que eram executadas as operações . As TABELAS 19 e 20 indicam estes dados para a carcaça de caixa de mudanças SCM e SFM , respectivamente .

Pode-se notar que algumas operações não possuem os tempos padrões definidos, sendo que este fato é explicado em função do início de uma reestruturação nos sistemas de custeio da empresa , onde as operações de limpeza de peças e operações executadas em bancadas (Ex. rebarbações , ajustagens , inspeções , etc) passaram a não acrescentar tempo para o rateio das despesas dos centros de custos em que estavam alocadas .

Dentro desta filosofia de reestruturação a que se propunha a empresa , esta situação tem sua lógica centrada nos conceitos de atividades que agregam e não agregam valor ao produto , que é um dos pré-requisitos para a aplicação do modelo .

As operações 230 e 040 , respectivamente das TABELAS 19 e 20 , apresentam os valores dos tempos de inspeções variáveis em função da frequência requerida em cada operação, sendo este assunto melhor discutido no próximo item .

b) Determinação dos Tempos Improdutivos .

Nesta etapa do trabalho foram levantados os dados relativos aos tempos de carga e descarga das peças nas máquinas , tempos de movimentação das peças entre as máquinas e os tempos e frequências de inspeções para as operações descritas nos roteiros de fabricação das carcaças de transmissões .

As TABELAS 21 , 22 e 23 apresentam estes dados , sendo que na TABELA 21 conforme descrito no último item , as operações de lavagem de peças não estão definidas em termos de tempos de carga e descarga .

Na TABELA 22 , devido ao sistema de transporte das peças ser realizado por "pallets" no interior da própria célula , os tempos de movimentação e de carga e descarga estão apresentados conjuntamente , conforme o fluxo de movimentação das peças .

Na TABELA 23 as operações 090,170, 210 e 220 não sofrem qualquer tipo de inspeção .

Devido a frequências distintas de inspeção por operações , as peças de um lote terão tempos totais de fabricação distintos , sendo que esse assunto sera melhor discutido quando da aplicação do modelo .

Com relação ao tempo de inspeção relativo à operação 040 descrita na TABELA 20 , tem-se que esse tempo é de 1 minuto por peça .

TABELA 19 : Roteiro de Fabricação da Carcaça de Caixa de Mudanças SCM

OPERAÇÕES		TEMPO-PADRÃO (horas)		CENTRO DE TRABALHO
Referência	Descrição	Máquina	Homem	Equipamentos
010	Fresar, Furar, Alargar, Roscar	0,0360	0,0495	Máquina Rotativa GROB
020	Fresar	0,0384	0,0495	Fresadora Duplex
030	Fresar	0,0385	0,0247	Fresadora Duplex
040	Fresar	0,0280	0,0247	Fresadora Horizontal
050	Fresar	0,0378	0,0495	Fresadora Universal
060	Mandrilar	0,0397	0,0495	Mandriladora
070	Fresar	0,0495	0,0495	Fresadora Vertical
080	Furar	0,0351	0,0247	Furadeira Múltipla
090	Escarear	0,0114	0,0247	Furadeira Smples
100	Furar	0,0302	0,0495	Furadeira Múltipla
110	Roscar	0,0316	0,0495	Rosqueadeira Múltipla
120	Furar e Escarear	0,0279	0,0495	Furadeira Múltipla
130	Roscar	0,0378	0,0495	Furadeira Radial
140	Roscar	0,0232	0,0247	Rosqueadeira Múltipla
150	Furar	0,0326	0,0247	Furadeira Simples
160	Furar e Roscar	0,0334	0,0495	Furadeira Simples
170	Lavagem da Peça	-	-	Máquina de Lavar
180	Fresar e Mandrilar	0,0620	0,0495	Fresadora GROB Especial
190	Furar , Escarear e Roscar	0,0450	0,0990	Furadeira Radial
200	Abrir Canal	0,0450	0,0495	Torno Revolver
210	Gravar	0,0073	0,0495	Prensa Hidráulica
220	Lavagem da Peça	-	-	Máquina de Lavar
230	Inspeção Total da Peça	-	-	Bancada
240	Lavar , Olear e Armazenar	-	-	Máquina de Lavar
250	Seguir para Estoque	-	-	-

TABELA 20 : Roteiro de Fabricação da Carcaça de Caixa de Mudanças SFM

OPERAÇÕES		TEMPO-PADRÃO (horas)		CENTRO DE TRABALHO
Referência	Descrição	Máquina	Homem	Equipamentos
010	Usinar Lados A e B	0,3645	0,1895	Centros de Usinagem
020	Furar e Roscar Lados A e B	0,1306	0,0632	Head Changer
030	Lavar e Gravar	-	-	Máquina de Lavar
040	Inspeção Total da Peça	-	-	Bancada
050	Lavar , Olear e Armazenar	-	-	Máquina de Lavar
060	Seguir para Estoque	-	-	-

TABELA 21 : Tempos de Carga , Descarga e Movimentação da Carcaça de Caixa de Mudanças SCM .

OPERAÇÃO	TEMPO DE CARGA E DESCARGA (Minutos)	TEMPO DE MOVIMENTAÇÃO (Minutos)
010	0,70	0,10
020	0,86	0,10
030	0,57	0,10
040	0,65	0,10
050	1,26	0,10
060	0,63	0,10
070	0,89	0,10
080	0,64	0,10
090	0,61	0,10
100	0,81	0,10
110	1,56	0,10
120	0,96	0,10
130	0,57	0,10
140	0,36	0,10
150	0,45	0,10
160	0,50	0,10
170	-	0,10
180	0,64	0,10
190	0,60	0,10
200	1,40	0,10
210	0,35	0,10
220	-	0,10

TABELA 22 : Tempos Totais de Carga , Descarga e Movimentação da Carcaça de Caixa de Mudanças SFM .

DESCRIÇÃO	TEMPO TOTAL (Minutos)
Estação Inicial para Máquina 1	0,49
Estação Inicial para Máquina 2	0,59
Estação Inicial para Máquina 4	0,54
Estação Inicial para Máquina 5	0,64
Máquina 1 para Máquina 3	0,30
Máquina 2 para Máquina 3	0,20
Máquina 4 para Máquina 3	0,25
Máquina 5 para Máquina 3	0,15
Máquina 3 para Estação Inicial	0,30

TABELA 23 : Tempos e Frequências de Inspeções para a Carcaça de Caixa de Mudanças SCM .

OPERAÇÃO	TEMPO DE INSPEÇÃO (Minutos)	FREQÜÊNCIA DE INSPEÇÃO
010	6,97	1 por Turno
020	2,00	2 por Turno
030	1,50	2 por Turno
040	1,50	2 por Turno
050	3,00	1 a cada 20 Peças
060	1,00	1 a cada 04 Peças
070	7,00	2 por Turno
080	2,66	1 a cada 30 Peças
090	-	-
100	1,98	1 a cada 20 Peças
110	3,95	1 a cada 20 Peças
120	1,00	1 a cada 20 Peças
130	1,78	1 a cada 20 Peças
140	5,98	1 a cada 20 Peças
150	0,20	1 a cada 20 Peças
160	0,42	1 a cada 20 Peças
170	-	-
180	5,00	2 por Turno
190	2,00	1 a cada 20 Peças
200	1,00	1 a cada 10 Peças
210	-	-
220	-	-

c) Determinação do Custeio das Operações

Nesta etapa foram obtidos os valores de custos envolvidos para a execução das operações descritas nos roteiros de fabricação dos dois tipos de carcaças . Deve-se observar que os valores estão expressos em uma unidade monetária figurada , denominada para efeitos deste trabalho de **Unidade de Custo Padrão da Empresa (UCPE)** , o que reserva a empresa o direito de não divulgar abertamente os dados relativos a custos de seus produtos . As TABELAS 24 e 25 indicam estes dados , que foram divididos em duas componentes principais que são : **salários** , os quais abrangem despesas com mão-de-obra direta , e **despesas** , que diz respeito a todos os outros gastos efetuados dentro do centro de custos e relativos a cada operação .

TABELA 24 : Estrutura de Custeio das Operações de Fabricação da Carcaça de Caixa de Mudanças SCM .

ESTRUTURA DE CUSTOS (\$ UCPE)			
OPERAÇÃO	SALÁRIO ①	DESPESA TOTAL ②	CUSTO TOTAL ③ = ① + ②
010	1,332	12,334	13,666
020	1,420	13,149	14,569
030	1,424	13,186	14,610
040	1,036	9,593	10,629
050	1,398	12,945	14,343
060	1,468	13,593	15,061
070	1,831	16,955	18,786
080	1,298	12,019	13,317
090	0,421	3,898	4,319
100	1,117	10,343	11,460
110	1,169	10,824	11,993
120	1,032	9,556	10,588
130	1,398	12,945	14,343
140	0,858	7,945	8,803
150	1,206	11,167	12,373
160	1,235	11,436	12,671
170	-	-	-
180	2,294	21,242	23,536
190	1,665	15,417	17,082
200	1,665	15,417	17,082
210	0,270	2,500	2,770
220	-	-	-
230	-	-	-
240	-	-	-
250	-	-	-
VALORES TOTAIS	25,537 (9,75 %)	236,464 (90,25 %)	262,001 (100 %)

TABELA 25 : Estrutura de Custeio das Operações de Fabricação da Carcaça de Caixa de Mudanças SFM .

OPERAÇÃO	SALÁRIO ①	DESPESA TOTAL ②	CUSTO TOTAL ③ = ① + ②
010	15,918	271,561	287,479
020	4,582	78,168	82,750
030	-	-	-
040	-	-	-
050	-	-	-
060	-	-	-
VALORES TOTAIS	20,500 (5,53 %)	349,729 (94,47 %)	370,229 (100 %)

Assim , pelos dados obtidos , pode-se avaliar com relação aos sistemas produtivos que :

- **Carcaça de Caixa de Mudanças SCM** : do total de recursos envolvidos nas operações de fabricação , 9,75 % correspondem à salários diretos e 90,25 % correspondem às despesas . Para este tipo de carcaça , tem-se que o valor do da matéria - prima (fundido bruto) é de 497,671 UCPE . Levando-se em consideração este valor da matéria -prima do produto , teria-se a seguinte distribuição de custos :

	Valor (UCPE)	%
- Salários	25,537	3,36
- Despesas	236,464	31,13
- Matéria-Prima	497,671	65,51
<hr/>		
TOTAL :	759,672	100,00

- **Carcaça de Caixa de Mudanças SFM** : do total de recursos envolvidos nas operações de fabricação , 5,53 % equivalem a salários diretos e 94,47 % são relativos às despesas . Para este tipo de carcaça tem-se que o valor da matéria prima , ou seja , o fundido bruto é de 517,264 UCPE . Levando-se em consideração este valor de matéria prima do produto , teria-se a seguinte distribuição dos custos :

	Valor (UCPE)	%
- Salários	20,500	2,32
- Despesas	349,729	39,40
- Matéria-Prima	517,264	58,28
<hr/>		
TOTAL :	887,493	100,00

A FIGURA 26 mostra a composição percentual de custos de ambos os produtos com valores aproximados .

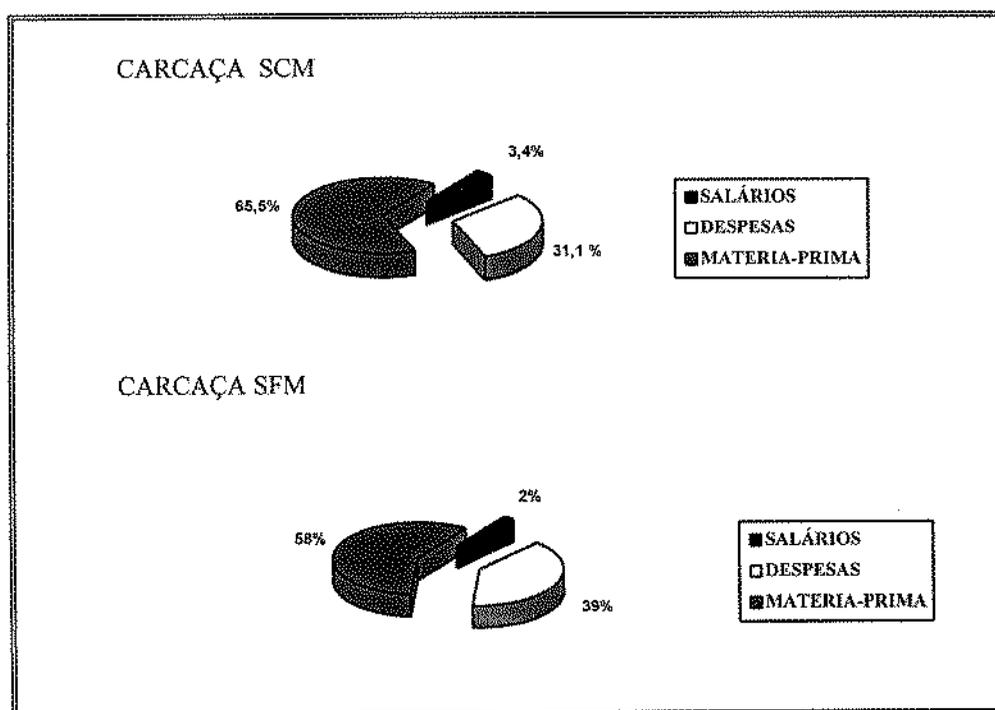


FIGURA 26 : Distribuição dos Custos envolvidos na Produção das Carçaças.

4.4 - Aplicação do Modelo Proposto

4.4.1 - Caracterização Geral

A aplicação do modelo de "Input - Output" proposto por Barker [Barker & Powell, 1989 ; Barker,1990-b ; Barker,1991-a ; Barker,1991-b], enfoca uma abordagem heurística que tem como variáveis principais o valor adicionado ao produto e os tempos de manufatura . Os pontos a serem abordados neste item tiveram seu desenvolvimento teórico feito no capítulo anterior , nos itens 3.2 , 3.3 e 3.4 .

A finalidade principal é a aplicação do modelo para a comparação de duas diferentes estruturas de manufatura , já caracterizadas anteriormente como Sistema Convencional de Manufatura (SCM) e Sistema Flexível de Manufatura (SFM) . Para cada um dos sistemas , foram levantadas todas as ações que se fizeram necessárias para a obtenção dos produtos finais.

Cada uma dessas ações foi classificada como uma atividade , sendo posteriormente classificadas como : atividades que adicionam valor ao produto (AAVP) e atividades que não adicionam valor ao produto (ANAVP) . Estas atividades referem-se à FASE II do modelo (vide FIGURA 18) , ou seja , as atividades do processo produtivo .

Quanto aos tempos de manufatura , foram adotados os tempos-padrões expressos em horas-máquina (descritos nas TABELAS 19 e 20) , devido a dois fatores principais :

- o primeiro fator é devido a distorções que são observadas quando da aplicação de sistemas convencionais de custeio em ambientes com uma automação flexível de manufatura . Dentre as principais distorções esta a adoção de horas de trabalho da mão-de-obra direta como base de alocação de custos . Esse fato é confirmado neste trabalho , especificamente no item 4.3.2-c , onde foi constatado que do total de recursos dispêndidos na produção de carcaças SCM e SFM , equivalem respectivamente ao item mão-de-obra direta as porcentagens de 3,36 % e 2,32 % . Dessa forma , não seria adequado indicar uma base de alocação de todos os custos envolvidos na fabricação dos produtos , com uma baixa participação na estrutura de custos dos produtos .

- o segundo fator é que a empresa já adota os tempos padrões em horas-máquina, classificando-os como mais exatos e confiáveis , pois dependem de condições que estão mais relacionados a aspectos tecnológicos .

Outro ponto a ser destacado com relação aos tempos de manufatura , é que a aplicação do modelamento leva em consideração duas situações :

- a primeira situação mostrara o ciclo produtivo das carcaças SCM e SFM , supondo uma condição de fluxo contínuo , ou seja , sem considerar a ocorrência de filas de espera de "work in process". Nesta situação serão avaliadas as condições intrínsecas das atividades , sejam elas atividades AVP ou NAVP .

- a segunda situação avaliara o ciclo produtivo levando em consideração o tempo total de manufatura das carcaças SCM e SFM com a ocorrência de filas de espera de "work in process " . Nesta situação serão tomados valores médios apresentados pela

empresa , avaliando-se principalmente a eficiência de cada processo em agregar valores aos produtos .

Com relação aos valores dos custos de cada atividade , adotou-se a unidade fictícia denominada UCPE , sendo os motivos deste procedimento já comentados anteriormente no item 4.3.2 - c . Esta situação faz desta unidade uma "moeda forte" , ou seja esta indexada às desvalorizações da moeda corrente do país , minorando sensivelmente dessa forma as perdas decorrentes de um processo inflacionário . Assim não serão considerados os conceitos relativos à ocorrência de uma taxa de variação de capital com o decorrer do tempo , descritos anteriormente no item 3.4.2 deste trabalho . Deve-se ressaltar também , que as abordagens com relação aos valores de custeio das atividades , procuraram avaliar as condições relativas aos custos operacionais e não os custos financeiros .

As etapas seguintes conduzem à aplicação do modelo de "Input-Output", apresentando mais detalhes sobre cada item abordado .

4.4.2 - Sistema Convencional de Manufatura (SCM)

a) Determinação e Classificação das Atividades

A TABELA 26 indica todas as atividades para a fabricação da carcaça de caixa de mudanças SCM , desde a chegada do fundido na linha de produção até o encaminhamento do produto final para a estocagem . Estas atividades foram também referenciadas e classificadas em atividades AVP (Adicionam Valor ao Produto) e atividades NAVP (Não Adicionam Valor ao Produto) .

TABELA 26 : Atividades do Processo Produtivo da Carcaça da Caixa de Mudanças SCM

FOLHA DE ATIVIDADES		
Referência	Descrição	Classificação
00	Chegada do Fundido na Linha	NAVP
10	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
20	Fresar , Furar , Alargar e Roscar	AVP
30	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
40	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
50	Fresar	AVP
60	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
70	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
80	Fresar	AVP
90	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP

100	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
110	Fresar	AVP
120	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
130	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
140	Fresar	AVP
150	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
160	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
170	Mandrilar	AVP
180	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
190	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
200	Fresar	AVP
210	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
220	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
230	Furar	AVP
240	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
250	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
260	Escarear	AVP
270	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
280	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
290	Furar	AVP
300	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
310	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
320	Roscar	AVP
330	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
340	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
350	Furar e Escarear	AVP
360	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
370	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
380	Roscar	AVP
390	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
400	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
410	Roscar	AVP
420	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
430	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
440	Furar	AVP
450	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
460	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
470	Furar e Roscar	AVP
480	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
490	Lavagem da Peça	NAVP
500	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
510	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
520	Fresar e Mandrilar	AVP
530	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
540	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
550	Furar , Escarear , Roscar	AVP
560	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
570	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
580	Abrir Canal	AVP
590	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
600	Carga e Descarga da Peça na Estação	NAVP
610	Gravar	AVP
620	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
630	Lavagem da Peça	NAVP
640	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP
650	Inspeção Total da Peça	NAVP
660	Movimentação para a Estação Seguinte	NAVP

670	Lavar , Olear , Armazenar	NAV P
680	Seguir para Estoque	NAV P
<p>Número Total de Atividades = 69 Número Total de Atividades AV P = 20 Número Total de Atividades NAV P = 49</p>		

b) Determinação dos Tempos das Atividades

A TABELA 27 indica os tempos relativos às atividades para a produção da carcaça de caixa de mudanças SCM , sendo os dados obtidos relativos a uma situação de fluxo contínuo sem a incorrência de tempos de espera , filas , paralizações para "set-up" de ferramentas durante a produção do lote , etc . As atividades 490 , 630 e 670 dizem respeito à limpeza de peças , e como já foi mencionado anteriormente , não são quantificadas em termos de tempo para efeitos de custeio nos centros de custo em que estavam alocadas . No entanto , para a aplicação do modelo de "Input-Output" estes tempos são necessários , sendo por isso estimados em função do tempo-padrão em horas-homem .

A atividade 650 , a qual efetua a inspeção total das peças , tem seu tempo de duração variável e dependente da freqüência com que são feitas as inspeções em cada atividade. Estes dados já foram descritos anteriormente na TABELA 23 . Dessa forma , foi efetuada uma simulação para um suposto lote de 50 peças , obtendo-se os seguintes resultados :

Quantidade de Peças Vistoriadas	Tempo de Inspeção por Peça	
Porcentagem		
01 peça	48,94 minutos	2 %
01 peça	21,31 minutos	2 %
01 peça	20,31 minutos	2 %
01 peça	17,00 minutos	2 %
01 peça	2,66 minutos	2 %
12 peças	1,00 minutos	24 %
33 peças	zero	66 %

Pode-se observar que a grande maioria das peças do lote (90 %) , teriam a atividade 650 executada com um tempo igual ou inferior a 01 minuto e somente uma pequena quantidade de peças (8 %) teria o seu tempo de inspeção igual ou superior a 17 minutos .

TABELA 27 : Tempos das Atividades relativas à Produção da Carcaça de Caixa de Mudanças SCM .

ATIVIDADE	TEMPO (minutos)	ATIVIDADE	TEMPO (minutos)
00	-	360	0,10
10	0,70	370	0,57
20	2,16	380	2,27
30	0,10	390	0,10
40	0,86	400	0,36
50	2,30	410	1,39
60	0,10	420	0,10
70	0,57	430	0,45
80	2,31	440	1,95
90	0,10	450	0,10
100	0,65	460	0,50
110	1,68	470	2,00
120	0,10	480	0,10
130	1,26	490	2,00
140	2,27	500	0,10
150	0,10	510	0,64
160	0,63	520	3,72
170	2,38	530	0,10
180	0,10	540	0,60
190	0,89	550	2,70
200	2,97	560	0,10
210	0,10	570	1,40
220	0,64	580	2,70
230	2,10	590	0,10
240	0,10	600	0,35
250	0,61	610	0,44
260	0,68	620	0,10
270	0,10	630	2,00
280	0,81	640	0,10
290	1,81	650	variável
300	0,10	660	5,00
310	1,56	670	2,00
320	1,90	680	-
330	0,10		
340	0,96		
350	1,67		

c) Determinação dos Custos das Atividades

O modelo de "Input-Output" convencionou que as atividades AVP teriam um valor positivo, ao passo que as atividades NAVP teriam um valor negativo. Além disso, uma determinada atividade NAVP teria o seu valor absoluto igual à soma dos valores das atividades AVP que precederam a referida atividade NAVP. Esta conceituação já foi descrita com maiores detalhes no item 3.4.2 do capítulo anterior. Estas fundamentações estariam baseadas no seguinte:

- as atividades AVP devem ser custeadas independentemente umas das outras, pois podem fornecer informações importantes a respeito da capacidade de cada atividade em agregar valor ao produto. Tais informações seriam úteis no sentido de avaliar otimizações no processo, procurando sempre direcionar investimentos para ações que viessem a proporcionar um aumento da capacidade de agregar valor destas atividades.
- as atividades NAVP, ao contrário, diminuem a eficiência do processo à medida que atuam contra a capacidade de agregar-se valor ao produto. Um produto mantido durante um certo tempo em uma determinada atividade NAVP, estaria agindo no sentido de eliminar a eficiência de agregação de valor das atividades AVP anteriores. Dessa forma, não se deve buscar o custeio diferenciado das atividades NAVP, mas sim a sua diminuição até a completa eliminação.

A TABELA 28 indica o custeio das atividades expressos em UCPE, ressaltando que os valores apresentados referem-se aos custos produtivos para a fabricação da carcaça da caixa de mudanças SCM. A tabela indica estes valores em duas condições: considerando o valor da matéria-prima e não considerando o valor da matéria-prima.

TABELA 28 : Custos das Atividades relativas à Fabricação da Carcaça de Caixa de Mudanças SCM .

ATIVIDADES		TEMPO DE DURAÇÃO (minutos)	CUSTO TOTAL, incluindo a matéria - prima	CUSTO TOTAL, excluindo a matéria - prima
Referência	Classificação	#	#	#
00	NAVP	-	- 497,671	0
10	NAVP	0,70	- 497,671	0
20	AVP	2,16	13,666	13,666
30	NAVP	0,10	- 511,337	- 13,666
40	NAVP	0,86	- 511,337	- 13,666
50	AVP	2,30	14,569	14,569
60	NAVP	0,10	- 525,906	- 28,235
70	NAVP	0,57	- 525,906	- 28,235
80	AVP	2,31	14,610	14,610
90	NAVP	0,10	- 540,516	- 42,845
100	NAVP	0,65	- 540,516	- 42,845
110	AVP	1,68	10,629	10,629
120	NAVP	0,10	- 551,145	- 53,474

130	NAVP	1,26	- 551,145	- 53,474
140	AVP	2,27	14,343	14,343
150	NAVP	0,10	- 565,488	- 67,817
160	NAVP	0,63	- 565,488	- 67,817
170	AVP	2,38	15,061	15,061
180	NAVP	0,10	- 580,549	- 82,878
190	NAVP	0,89	- 580,549	- 82,878
200	AVP	2,97	18,786	18,786
210	NAVP	0,10	- 599,335	- 101,664
220	NAVP	0,64	- 599,335	- 101,664
230	AVP	2,10	13,317	13,317
240	NAVP	0,10	- 612,652	- 114,981
250	NAVP	0,61	- 612,652	- 114,981
260	AVP	0,68	4,319	4,319
270	NAVP	0,10	- 616,971	- 119,300
280	NAVP	0,81	- 616,971	- 119,300
290	AVP	1,81	11,460	11,460
300	NAVP	0,10	- 628,431	- 130,760
310	NAVP	1,56	- 628,431	- 130,760
320	AVP	1,90	11,993	11,993
330	NAVP	0,10	- 640,424	- 142,753
340	NAVP	0,96	- 640,424	- 142,753
350	AVP	1,67	10,588	10,588
360	NAVP	0,10	- 651,012	- 153,341
370	NAVP	0,57	- 651,012	- 153,341
380	AVP	2,27	13,343	13,343
390	NAVP	0,10	- 664,355	- 166,684
400	NAVP	0,36	- 664,355	- 166,684
410	AVP	1,39	8,803	8,803
420	NAVP	0,10	- 673,158	- 175,487
430	NAVP	0,45	- 673,158	- 175,487
440	AVP	1,95	12,373	12,373
450	NAVP	0,10	- 685,531	- 187,860
460	NAVP	0,50	- 685,531	- 187,860
470	AVP	2,00	12,671	12,671
480	NAVP	0,10	- 698,202	- 200,531
490	NAVP	2,00	- 698,202	- 200,531
500	NAVP	0,10	- 698,202	- 200,531
510	NAVP	0,64	- 698,202	- 200,531
520	AVP	3,72	23,536	23,536
530	NAVP	0,10	- 722,738	- 225,067
540	NAVP	0,60	- 722,738	- 225,067
550	AVP	2,70	17,082	17,082
560	NAVP	0,10	- 739,820	- 242,149
570	NAVP	1,40	- 739,820	- 242,149
580	AVP	2,70	17,082	17,082
590	NAVP	0,10	- 756,902	- 259,231
600	NAVP	0,35	- 756,902	- 259,231
610	AVP	0,44	2,770	2,770
620	NAVP	0,10	- 759,672	- 261,001
630	NAVP	2,00	- 759,672	- 261,001
640	NAVP	0,10	- 759,672	- 261,001
650	NAVP	variável	- 759,672	- 261,001
660	NAVP	5,00	- 759,672	- 261,001
670	NAVP	2,00	- 759,672	- 261,001
680	NAVP	-	- 759,672	- 261,001

c) Determinação dos Gráficos de "Input-Output"

As FIGURAS 27,28,29,30,31,32 e 33 que se seguem indicam as simulações gráficas para as seguintes condições :

- os valores dos custos por atividades foram expressos considerando o valor da matéria prima e sem a inclusão do valor da matéria prima .
- avaliou-se 03 diferentes situações , relativas à atividade 650 (Inspeção Total da Peça) , onde foram tomadas as condições que ocorrem número máximo de inspeções , número mínimo de inspeções e maior frequência de inspeções .
- avaliou-se a situação referente ao lote de transferência das carcaças , ou seja , a quantidade de peças produzidas e transferidas para a etapa seguinte (Atividade 680) , sem que necessariamente tenha-se terminado o lote de produção da peça .

Os gráficos apresentam as condições onde não são considerados os tempos de esperas de filas , "set-up" de equipamentos , etc . Como ja foi citado anteriormente , essa situação não corresponde à realidade verificada na linha produtiva , mas pode mostrar a situação mais otimizada em que é possível a produção da carcaça de caixa de mudanças SCM .

O que se verifica na realidade é que os tamanhos dos lotes podem influenciar o tempo total de manufatura , aumentando os tempos improdutivos e indicando uma falta de controle sobre as atividades NAVP.

Uma situação preliminar desta situação é mostrada na FIGURA 33 , onde foi analisada a peça intermediária (décima quarta peça) do lote de transferência adotado pela empresa , com relação ao referido produto . Em levantamentos efetuados junto à empresa constatou-se que os lotes de produção praticados para o referido produto são de 216 peças, sendo transferidas em lotes de 27 peças , à medida que são finalizadas as atividades desta fase .

Foi feita uma simulação avaliando-se o seqüenciamento das atividades AVP e NAVP relativas a produção de um lote de transferência da caixa de mudanças SCM , verificando-se que a peça intermediária do lote apresentava a seguinte situação :

- Tempo de Processamento , incluindo tempos de filas nos centros de trabalho : 82,68 minutos .
- Tempo de Espera para Início do Processo Produtivo : 37,18 minutos .
- Tempo de Espera até a Finalização do Lote de Transferência : 57,98 minutos .

Esses dados foram utilizados para a elaboração da FIGURA 33 , levando-se em consideração o tempo mínimo de inspeção e incluindo o valor da matéria-prima .

As FIGURAS 27 , 28 e 29 avaliam a produção da carcaça de caixa de mudanças SCM sem a inclusão do valor da matéria prima e tomando os tempos de inspeção 48,94 ; 0 e 1 minuto , respectivamente . As FIGURAS 30 , 31 e 32 levam em consideração os mesmos tempos de inspeção , incluindo o valor da matéria prima .

Os gráficos das FIGURAS 27 à 33 apresentam os valores expressos em minutos de duração das atividades , sendo os custos indicados por UCPE .

No próximo ítem deste capítulo sera analisada a capacidade de agregar valor ao produto do sistema de manufatura da carcaça SCM .

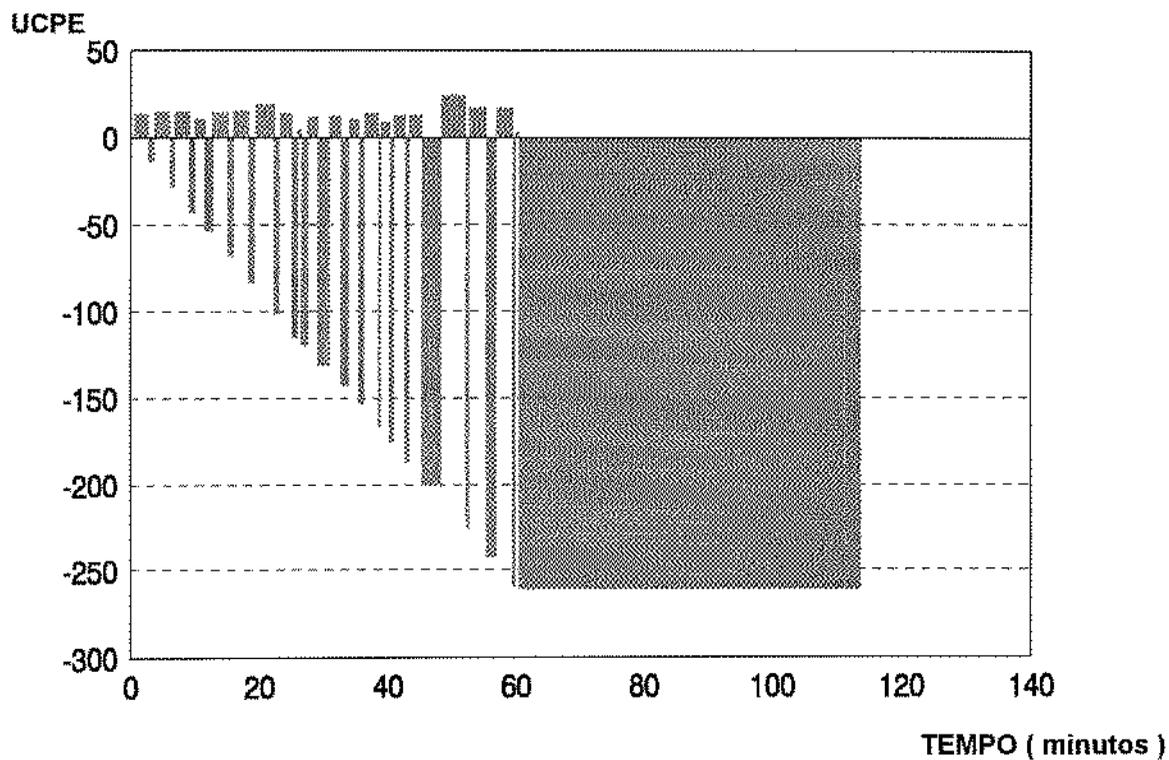


FIGURA 27 : Gráfico do Modelo "Input-Output" excluindo o valor da matéria prima e tempo de inspeção máximo .

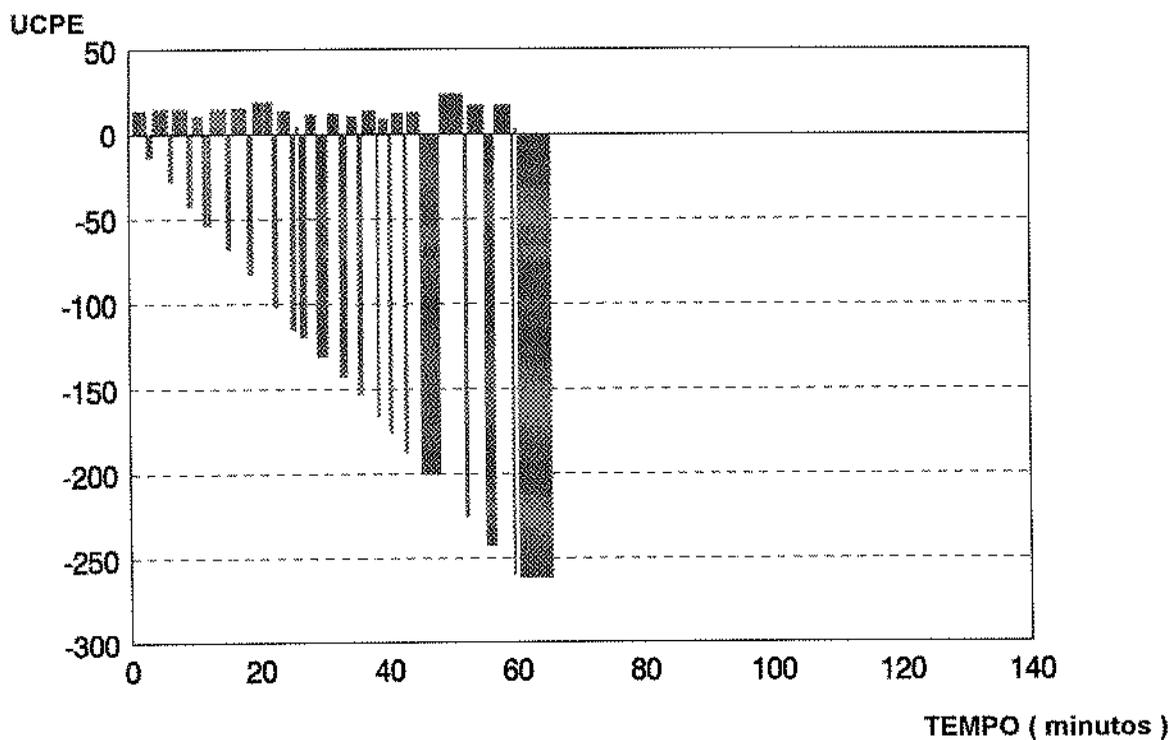


FIGURA 28 : Gráfico do modelo de "Input-Output" excluindo o valor da matéria prima e tempo de inspeção mínimo .

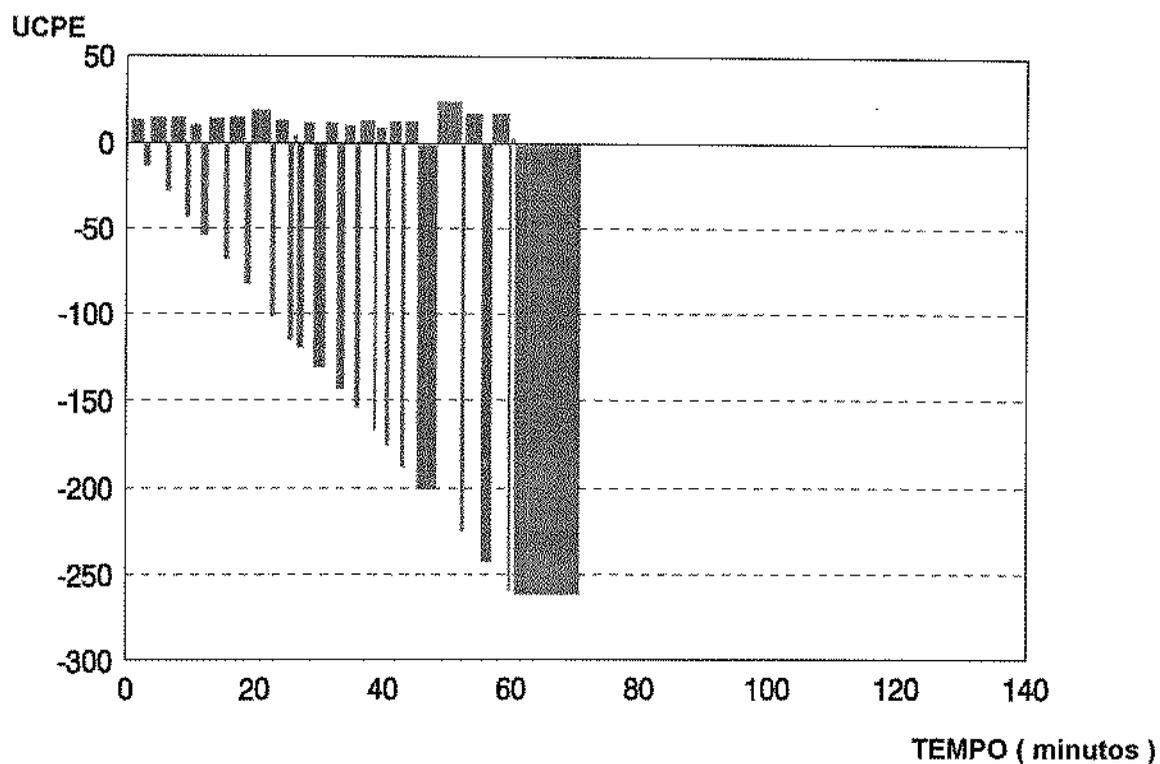


FIGURA 29 : Gráfico do modelo de "Input-Output" excluindo o valor da matéria prima e tempo de inspeção igual ou menor a 1 minuto .

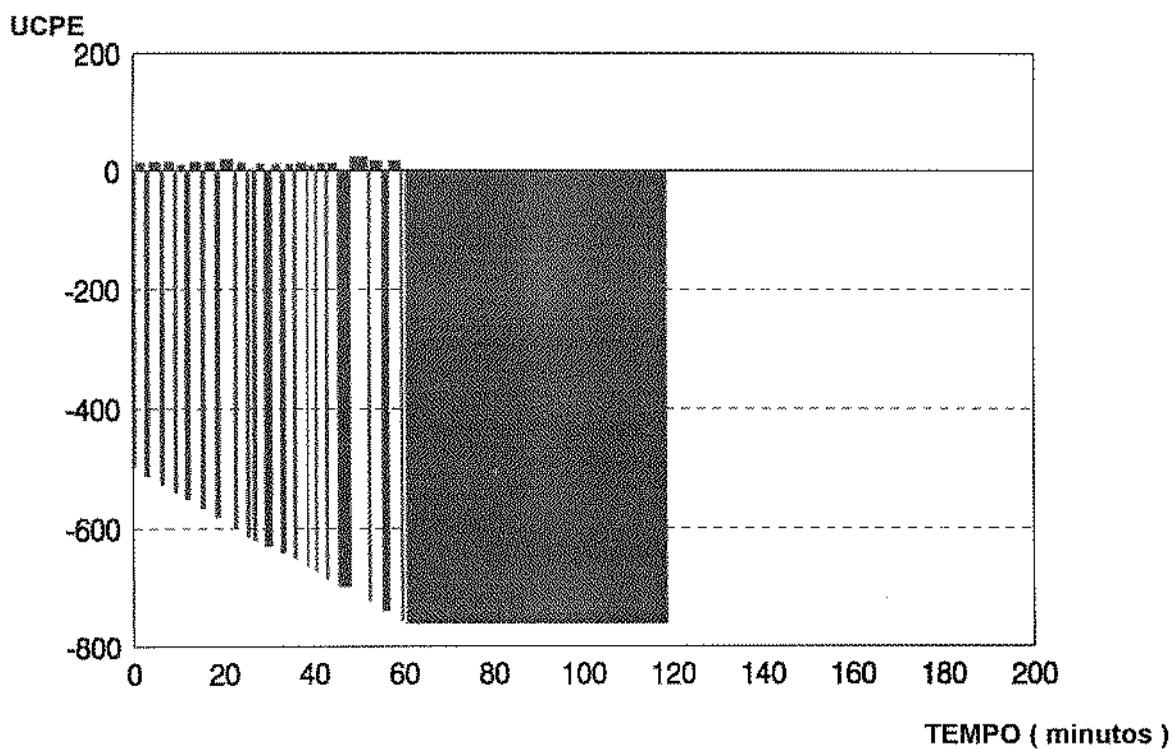


FIGURA 30 : Gráfico do Modelo "Input-Output" incluindo o valor da matéria prima e tempo de inspeção máximo .

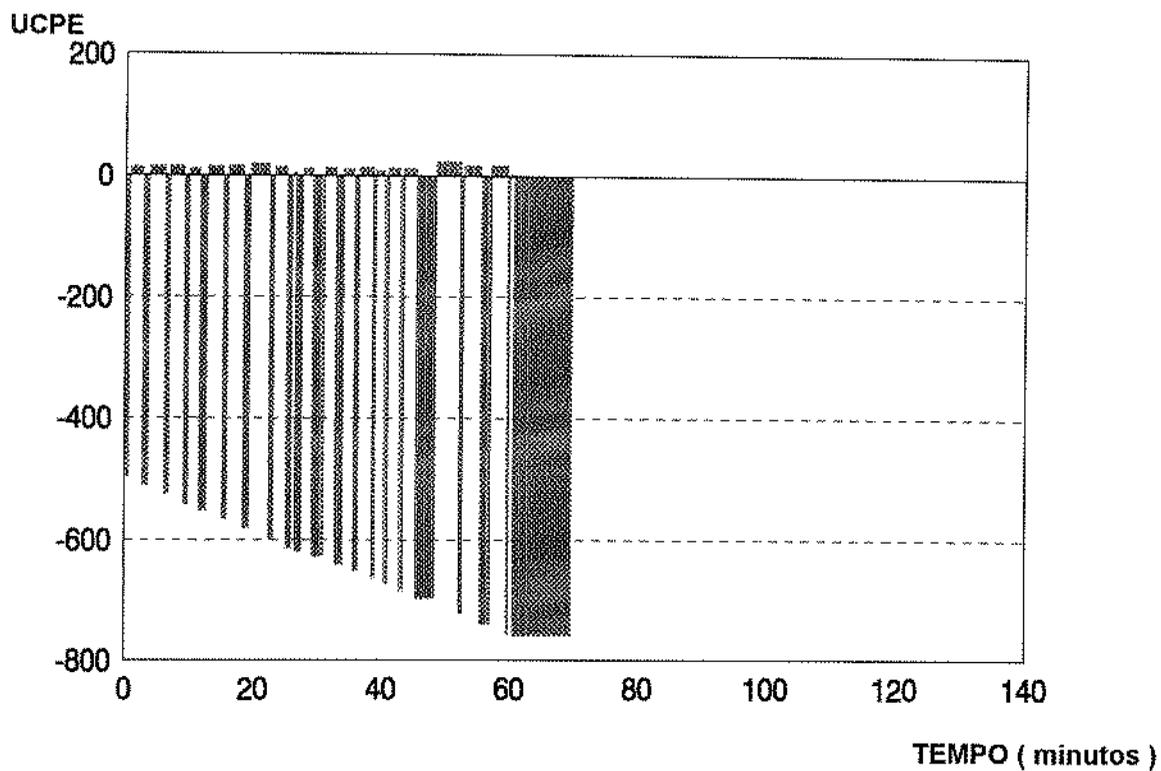


FIGURA 31 : Gráfico do modelo de "Input-Output" incluindo o valor da matéria prima e tempo de inspeção mínimo .

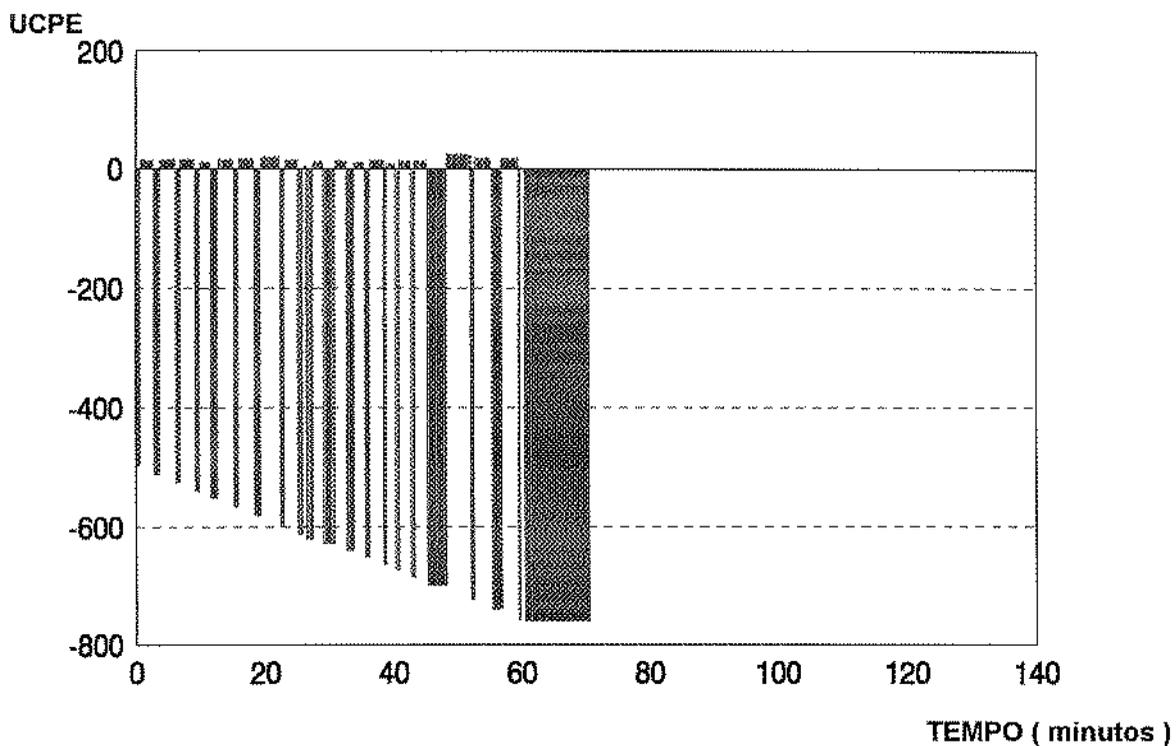


FIGURA 32 : Gráfico do modelo de "Input-Output" incluindo o valor da matéria prima e tempo de inspeção igual ou menor a 1 minuto .

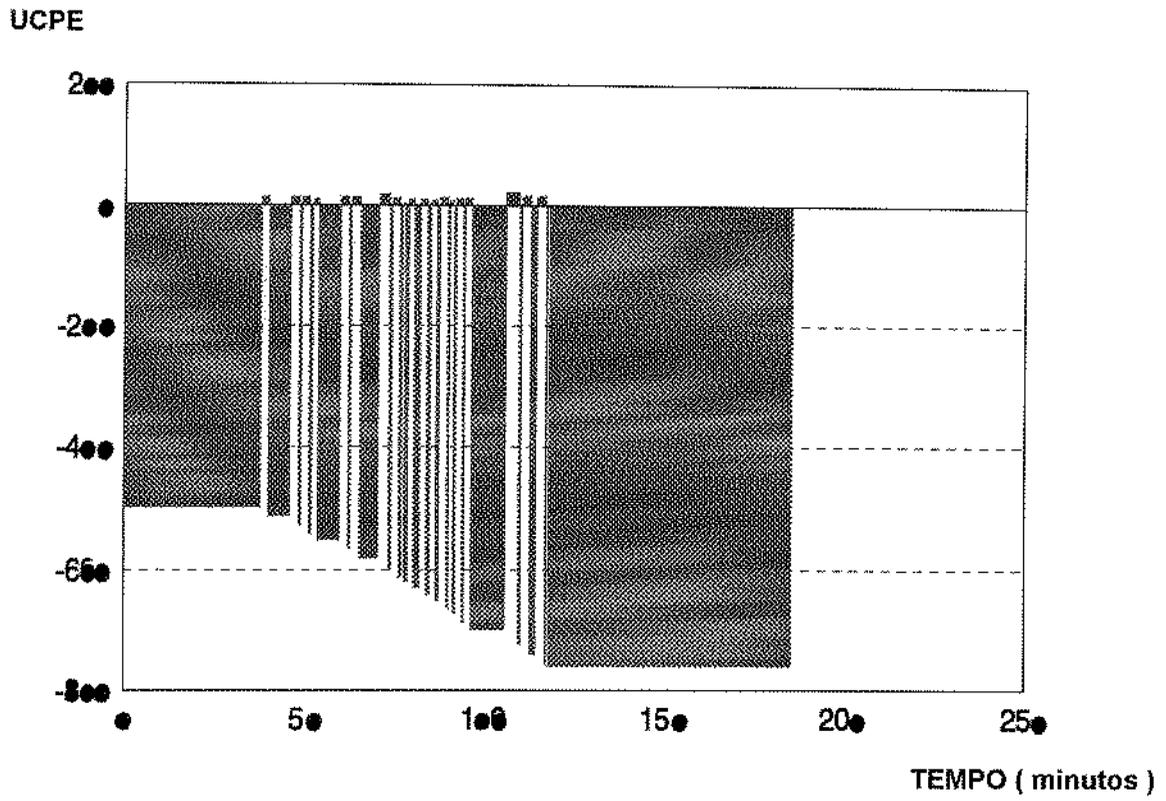


FIGURA 33 : Gráfico do modelo de "Input-Output" incluindo o valor da matéria prima e tempo de inspeção mínimo , para a peça intermediária do lote de transferência (décima quarta peça) .

e) Determinação do Índice de Eficiência do Processo

As empresas devem manter sempre como meta a redução total dos tempos de manufatura , enfocando primordialmente a eliminação das atividades NAVP . Uma situação que se aproximaria do ideal seria a operação com lotes unitários de uma mesma peça , inexistência de tempos de preparações e troca de ferramentas , inexistência de defeitos , operações perfeitamente balanceadas , etc .

Obviamente esta é uma situação imaginária e muito distante do real ambiente de manufatura . Nakagawa[1991] abordou esta discussão , indicando que a eficiência do ciclo de produção poderia ser avaliado através do seguinte índice :

<p style="margin: 0;">Índice de Eficiência</p> <p style="margin: 0; text-align: center;">do</p> <p style="margin: 0;">Ciclo de Produção</p>	$\frac{\text{Tempo das Atividades que Adicionam Valor ao Produto}}{\text{Tempo Total de Processamento}}$
---	--

Sendo assim , tem-se que :

$$ECP = \frac{\sum \text{Tempo das Atividades Produtivas}}{\sum \text{Tempo Total de Processamento}}$$

ou ,

$$ECP = \frac{\sum \text{Tempo das Atividades AVP}}{\sum \text{Tempo das Atividades (AVP + NAVP)}}$$

Esse índice , também denominado **Índice ECP** , é uma das maneiras de se avaliar o quanto um sistema esta sendo produtivo, no sentido de se agregar valor a um produto à medida que transcorrerem as atividades do processo produtivo .

Neste item , o índice ECP , sera calculado levando-se em consideração duas situações distintas :

- A primeira situação é a que se aproxima do ambiente ideal de manufatura , ou seja , ausência de filas de espera para processamento , tempos de trocas de ferramentas , tempos de manutenção , etc . Essa situação mostraria a capacidade de agregação de valor do sistema produtivo , que mais se aproximaria da máxima capacidade de agregação de valor ao produto . Tal visão é importante à medida que é um indicativo de pontos característicos de um determinado nível tecnológico , relativo ao sistema de manufatura . Nesta situação serão utilizados como dados os tempos referentes às atividades AVP e NAVP expressos nas TABELAS 27 e 28 .

- A segunda situação leva em consideração o ambiente real de manufatura , onde existem filas de espera para processamento de produtos , tempos de troca de ferramentas , tempos de manutenção , etc . Nesta situação o fluxo de produção esta sujeito aos mais diversos fatores que agem no sentido de aumentar os tempos de processamento

do produto . Como tais fatores podem estar sujeitos a questões previsíveis (Ex. desgaste de uma ferramenta) e imprevisíveis (Ex . avaria de uma ferramenta) , bem como estão relacionados ao tamanho dos lotes de produção, serão analisados dois aspectos :

- lote de produção da carcaça SCM , que atualmente equivale a lotes de 216 peças , com um tempo total de processamento de 08 turnos de trabalho ou o equivalente a 3752 minutos .

- lote de transferência da carcaça SCM , que atualmente equivale a lotes de 27 peças , sendo analisada a situação da peça intermediária do lote de transferência .

Como dados dos tempos referentes às atividades AVP , são utilizados os dados constantes da TABELA 28 .

Logo , para o processo produtivo da carcaça de caixa de mudanças produzida no Sistema Convencional de Manufatura (SCM) , teria-se as seguintes situações :

a) Índice ECP para a situação onde o tempo de inspeção é máximo :

$$ECP = 41,4 / 118,55 = 0,3492 = 34,92 \%$$

b) Índice ECP para a situação onde o tempo de inspeção é mínimo :

$$ECP = 41,4 / 69,61 = 0,5947 = 59,47 \%$$

c) Índice ECP para a situação onde o tempo de inspeção é igual ou inferior a 1 minuto :

$$ECP = 41,4 / 70,61 = 0,5863 = 58,63 \%$$

d) Índice ECP para a situação real do ambiente de manufatura com 08 turnos de processamento , avaliando a situação da primeira peça do lote de produção :

$$ECP = 41,4 / 3752 = 0,0110 = 1,10 \%$$

e) Índice ECP para a situação real do ambiente de manufatura , avaliando a peça intermediária do primeiro lote de transferência , com um tempo de inspeção mínimo :

$$ECP = 41,4 / 177,84 = 0,2328 = 23,28 \%$$

4.4.3 - Sistema Flexível de Manufatura (SFM)

a) Determinação e Classificação das Atividades

A TABELA 29 indica as atividades para a fabricação da caixa de mudanças SFM, desde a chegada do fundido na linha de produção até o encaminhamento do produto acabado para a estocagem . Estas atividades estão classificadas em atividades AVP e NAVP .

As atividades 20 , 40 , 80 e 100 apresentam opções em sua execução que estão relacionadas com o centro de usinagem que está programado para a operação . Dessa forma , tomando-se como exemplo a atividade 20 , a peça sera carregada em qualquer uma das quatro máquinas (1 , 2 , 4 ou 5) , de acordo com a programação efetuada e a disponibilidade do equipamento em determinado momento . Esse mesmo raciocínio deve ser seguido para as atividades 40 , 80 e 100 .

b) Determinação dos Tempos de Atividades

A TABELA 30 indica as atividades e os respectivos tempos de duração das mesmas . As atividades 20 , 40 , 80 e 100 apresentam opções distintas (a , b , c , d) que representam diferentes percursos a serem seguidos pelas peças durante o seu processamento, apresentando dessa forma tempos distintos para cada opção . As atividades 10 , 70 e 140 tiveram seus tempos estimados em função de verificações efetuadas no ambiente fabril . Com relação aos tempos de manufatura tem-se que tempos das atividades estão expressos em minutos .

c) Determinação dos Custos das Atividades

As mesmas considerações descritas no item 4.4.2 - c , no que diz respeito à estruturação dos sistemas de custeio , são válidas para este caso . A TABELA 31 indica o custeio das atividades , com a finalidade de aplicação do modelo de "Input-Output".

TABELA 29 : Atividades do Processo Produtivo da Carcaça da Caixa de Mudanças SFM

FOLHA DE ATIVIDADES		
Referência	Descrição	Classificação
00	Chegada do Fundido no Centro de Usinagem	NAVP
10	Montagem e Fixação da Peça no Lado A	NAVP
20	a) Carga e Descarga da Peça na Máquina 1	NAVP
	b) Carga e Descarga da Peça na Máquina 2	NAVP
	c) Carga e Descarga da Peça na Máquina 4	NAVP
	d) Carga e Descarga da Peça na Máquina 5	NAVP
30	Usinar Lado A da Peça	AVP
40	a) Movimentação da Peça da Máquina 1 para Máquina 3	NAVP
	b) Movimentação da Peça da Máquina 2 para Máquina 3	NAVP
	c) Movimentação da Peça da Máquina 4 para Máquina 3	NAVP
	d) Movimentação da Peça da Máquina 5 para Máquina 3	NAVP
50	Furar e Roscar Lado A da Peça	AVP
60	Movimentação da Peça da Máquina 3 para a Estação Inicial	NAVP
70	Montagem e Fixação da Peça no Lado B	NAVP
80	a) Carga e Descarga da Peça na Máquina 1	NAVP
	b) Carga e Descarga da Peça na Máquina 2	NAVP
	c) Carga e Descarga da Peça na Máquina 4	NAVP
	d) Carga e Descarga da Peça na Máquina 5	NAVP
90	Usinar Lado B da Peça	AVP
100	a) Movimentação da Peça da Máquina 1 para Máquina 3	NAVP
	b) Movimentação da Peça da Máquina 2 para Máquina 3	NAVP
	c) Movimentação da Peça da Máquina 4 para Máquina 3	NAVP
	d) Movimentação da Peça da Máquina 5 para Máquina 3	NAVP
110	Furar e Roscar Lado B da Peça	AVP
120	Movimentação da Peça da Máquina 3 para a Estação Inicial	NAVP
130	Inspeção da Peça	NAVP
140	Lavar e Gravar	NAVP
150	Seguir para Estoque	NAVP
<p>Número Total de Atividades : 16 Número Total de Atividades AVP : 04 Número Total de Atividades NAVP : 12</p>		

TABELA 30 : Tempo das Atividades relativas à Produção da Carcaça da Caixa de Mudanças SFM .

ATIVIDADES	TEMPO (Minutos)
00	-
10	1,50
20 a)	0,49
b)	0,59
c)	0,54
d)	0,64
30	14,65
40 a)	0,30
b)	0,20
c)	0,25
d)	0,15
50	3,43
60	0,30
70	1,50
80 a)	0,49
b)	0,59
c)	0,54
d)	0,64
90	7,22
100 a)	0,30
b)	0,20
c)	0,25
d)	0,15
110	4,41
120	0,30
130	1,00
140	2,00
150	-

TABELA 31 : Custos das Atividades relativas à Fabricação da Carcaça da Caixa de Mudanças SFM .

ATIVIDADES		TEMPO DE DURAÇÃO (minutos)	CUSTO TOTAL , incluindo a matéria - prima	CUSTO TOTAL , excluindo a matéria - prima
Referência	Classificação	#	#	#
00	NAV P	-	- 517,264	0
10	NAV P	1,50	- 517,264	0
20 a)	NAV P	0,49	- 517,264	0
b)	NAV P	0,59	- 517,264	0
c)	NAV P	0,54	- 517,264	0
d)	NAV P	0,64	- 517,264	0
30	AVP	14,65	192,553	192,553
40 a)	NAV P	0,30	- 709,817	- 192,553
b)	NAV P	0,20	- 709,817	- 192,553
c)	NAV P	0,25	- 709,817	- 192,553
d)	NAV P	0,15	- 709,817	- 192,553
50	AVP	3,43	36,203	36,203
60	NAV P	0,30	-746,020	- 228,756
70	NAV P	1,50	-746,020	- 228,756
80 a)	NAV P	0,49	-746,020	- 228,756
b)	NAV P	0,59	-746,020	- 228,756
c)	NAV P	0,54	-746,020	- 228,756
d)	NAV P	0,64	-746,020	- 228,756
90	AVP	7,22	94,926	94,926
100 a)	NAV P	0,30	- 840,946	- 323,682
b)	NAV P	0,20	- 840,946	- 323,682
c)	NAV P	0,25	- 840,946	- 323,682
d)	NAV P	0,15	- 840,946	- 323,682
110	AVP	4,41	46,547	46,547
120	NAV P	0,30	- 887,493	- 370,229
130	NAV P	1,00	- 887,493	- 370,229
140	NAV P	2,00	- 887,493	- 370,229
150	NAV P	-	- 887,493	- 370,229

d) Determinação dos Gráficos de Input - Output

As FIGURAS 33 , 34 e 35 indicam a simulação gráfica do modelo de "Input - Output " para a produção da carcaça de caixa de mudanças SFM , levando-se em consideração as seguintes situações :

- os custos totais das atividades foram avaliados com a inclusão do valor da matéria-prima e sem a inclusão do valor da matéria-prima .
- apesar das atividades NAVP 20,40,80 e 100 possuírem as alternativas a,b,c e d , os tempos totais de movimentação são os mesmos , sendo dessa forma elaborado simulado a situação com relação ao Centro de Usinagem 1 (Atividades NAVP 20a , 40a , 80a e 100a) . As FIGURAS 33 e 34 indicam essa situação .

A FIGURA 35 considera a situação do real ambiente de manufatura para a produção da carcaça de caixa de mudanças SFM , analisando a questão relativa aos lotes de transferência adotados neste sistema , que também equivalem a lotes com 27 peças .

Adotando a mesma comparação efetuada para o Sistema de Manufatura SCM , ou seja , tomando-se a peça intermediária do lote de transferência (décima quarta peça) , verificou-se a seguinte situação :

- Tempo de Processamento , incluindo filas de espera nos centros de trabalho da linha : 43,68 minutos .
- Tempo de Espera para Início do Processo Produtivo : 51,33 minutos .
- Tempo de Espera até a Finalização do Lote de Transferência : 57,33 minutos .

Os dados acima , foram obtidos através de uma simulação das atividades AVP e NAVP para o lote de transferência da carcaça SFM , configurando os Centros de Usinagem a efetuarem tanto o lado A quanto o lado B da peça .

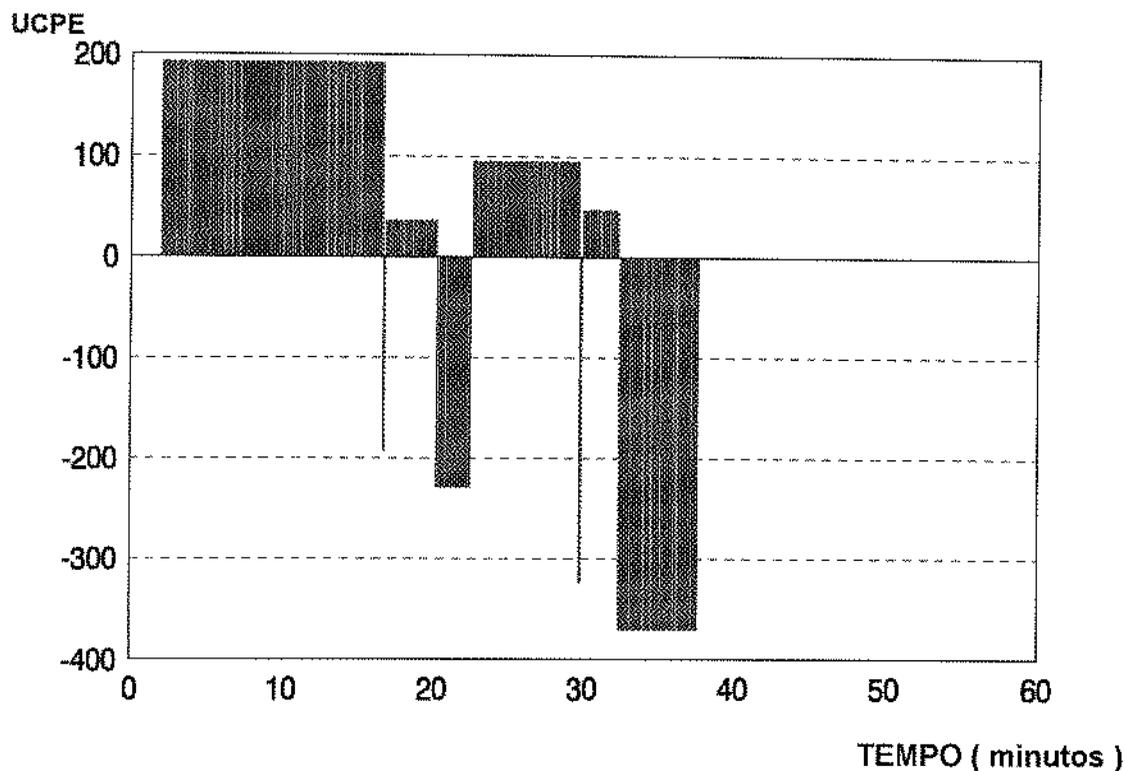


FIGURA 34 : Gráfico do Modelo "Input-Output" excluindo o valor da matéria-prima , considerando a situação do Centro de Usinagem 1 .

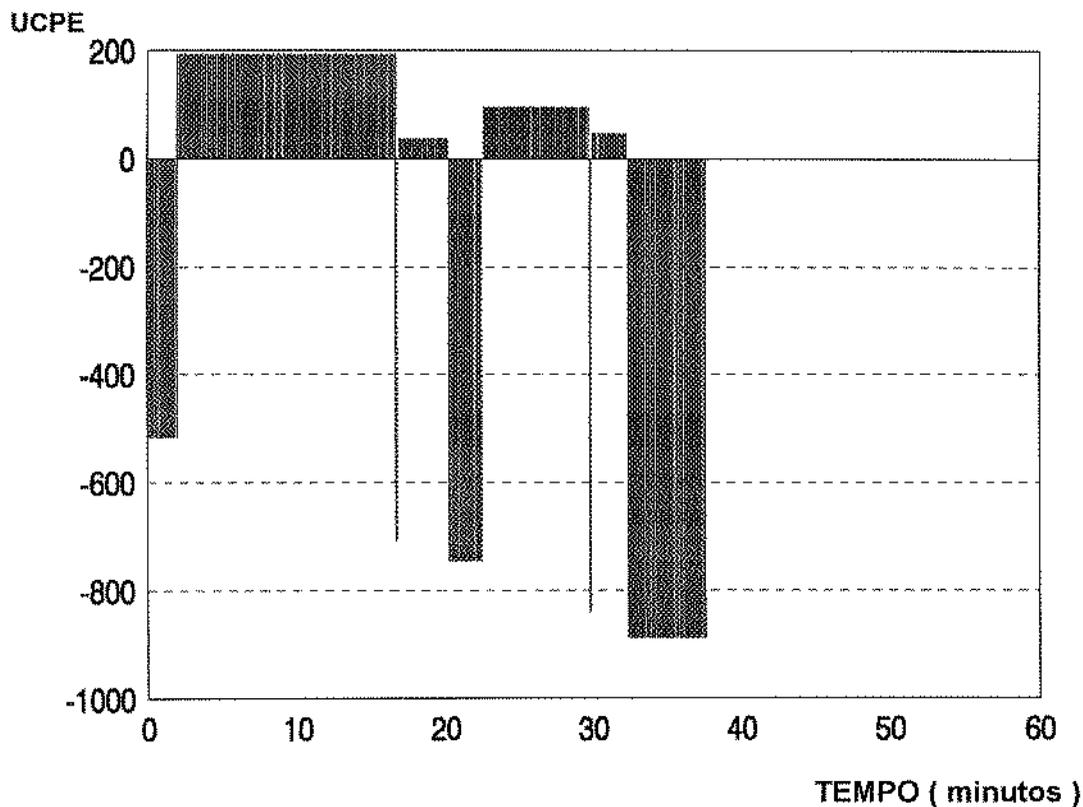


FIGURA 35 : Gráfico do Modelo "Input-Output" incluindo o valor da matéria-prima , considerando a situação do Centro de Usinagem 1 .

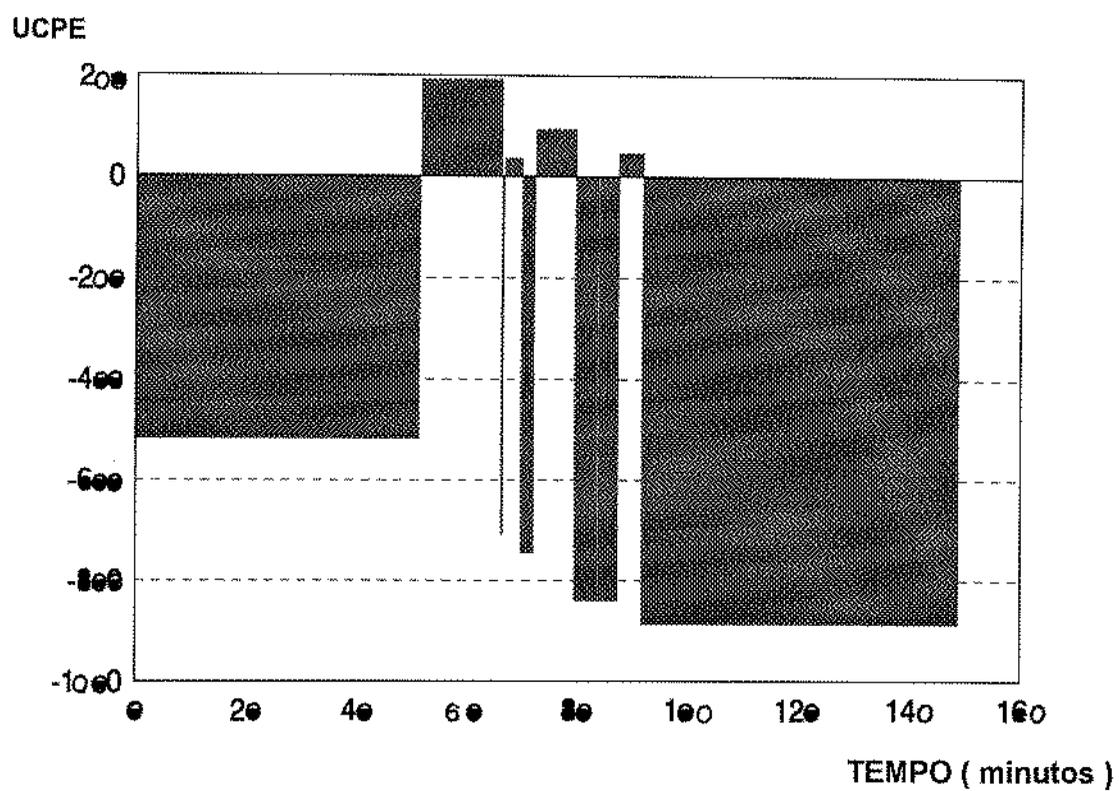


FIGURA 36 : Gráfico do Modelo "Input-Output" incluindo o valor da matéria prima , analisando a peça intermediária do lote de transferência .

e) Determinação dos Índices de Eficiência do Processo

Para o cálculo do Índice ECP deste processo produtivo foram feitas as mesmas considerações adotadas para o caso do sistema produtivo SCM , ou seja , obtendo um valor ideal e um valor real do ambiente de manufatura . A determinação do tempo real de manufatura foi avaliada com relação aos seguintes aspectos :

- lote de produção da carcaça SFM , que atualmente equivale a lotes de 81 peças , com um tempo total de processamento de 03 turnos de trabalho ou o equivalente a 1407 minutos .

- lote de transferência da carcaça SCM , que atualmente equivale a lotes de 27 peças , sendo analisada a situação da peça intermediária do lote de transferência .

Logo , dessa forma teria-se as seguintes situações para o processo produtivo da carcaça da caixa de mudanças SFM :

$$ECP = \frac{\sum \text{Tempo das Atividades Produtivas}}{\sum \text{Tempo Total de Processamento}}$$

ou ,

$$ECP = \frac{\sum \text{Tempo das Atividades AVP}}{\sum \text{Tempo das Atividades (AVP + NAVP)}}$$

a) Índice ECP para a situação do Centro de Usinagem 1 [atividades 20.a) , 40.a) , 80.a) e 100.a)] :

$$ECP = 29,71 / 37,59 = 0,7841 = 78,41 \%$$

b) Índice ECP para a situação do real ambiente de manufatura com 03 turnos de processamento , avaliando a situação da primeira peça do lote de produção :

$$ECP = 29,71 / 1407 = 0,0211 = 2,11 \%$$

c) Índice ECP para a situação real do ambiente de manufatura , avaliando a peça intermediária do primeiro lote de transferência :

$$ECP = 29,71 / 152,34 = 0,1950 = 19,50 \%$$

4.5 - Comentários

O presente capítulo mostrou a aplicação do modelamento desenvolvido , descrevendo as etapas necessárias , bem como a seqüência de implantação das mesmas , comparando-se produtos fabricados por dois diferentes sistemas de manufatura .

Na aplicação do modelo , considerou-se :

- folha de atividades de cada produto , considerando os tempos dispêndidos e os custos associados às atividades .
- cálculo dos índices de eficiência do processo para cada sistema de manufatura , considerando situações características de cada sistema produtivo .
- estabelecimento dos perfis de agregação de valor ao produto para cada sistema de manufatura , considerando situações específicas de cada sistema .

Algumas considerações devem ser mencionadas com relação aos sistemas de manufatura analisados :

- Sistema Convencional de Manufatura (SCM) :

- os índices ECP deste sistema de manufatura indicam situações bem distintas para o ambiente ideal e o ambiente real do processo produtivo . Enquanto para o ambiente ideal o índice ECP é , na melhor das hipóteses igual a 59,47 % , para o ambiente real esse valor é de 1,10 % .

- outra situação relativa ao índice ECP diz respeito aos lotes de transferência praticados para este produto , onde ao analisar-se a peça intermediária deste lote (décima quarta peça) , constatou-se um período de inatividade da mesma antes de iniciar o processo produtivo (aproximadamente 37,18 minutos) e depois de finalizado o processo produtivo , aguarda outro período (aproximadamente 57,98 minutos) até a finalização do lote , ocasionando dessa forma uma queda na eficiência de agregação de valor do ciclo produtivo .

- Manufatura Flexível (SFM) :

- os índices ECP deste sistema de manufatura também apresentam uma grande diferença entre o ambiente ideal e ambiente real do processo produtivo . Enquanto para o ambiente ideal o valor do índice ECP é de 78,41 % , para o ambiente real esse valor é de 2,11 % quando analisado o lote de produção praticado atualmente para a peça, mesmo operando-se com uma tecnologia fundamentada em uma automação flexível .

- com relação aos lotes de transferência , analisados no SFM , verifica-se que o índice ECP é inferior ao do SCM , haja visto que operam os dois sistemas com lotes de transferência iguais (27 peças/lote) . Assim a peça intermediária deste lote (décima quarta peça) , apresentou um período de inatividade antes de iniciar o processo produtivo de 51,33 minutos e tempo de espera até a finalização do lote de transferência de 57,33 minutos, levando também a uma perda de eficiência de agregação de valor do ciclo produtivo .

O próximo capítulo traz outros comentários à respeito da aplicação do modelo , bem como sugere alguns trabalhos futuros a serem desenvolvidos com relação a este modelamento .

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES OBTIDAS

Foi proposto um modelo de análise de duas diferentes estruturas de manufatura , classificadas dentro da ótica de um SCM (Sistema Convencional de Manufatura) e SFM (Sistema Flexível de Manufatura) , aplicando-se um modelamento baseado na capacidade de um sistema produtivo em agregar valor aos seus produtos, sendo realizados testes aplicativos .

Para a análise do SCM e do SFM , foi selecionado um produto processado em cada sistema de manufatura , os quais apresentavam um sensível grau de similaridade .

Foram levantadas as atividades para cada produto , bem como os tempos dispêndidos em cada atividade . Em posse dos custos de produção para cada produto, procedeu-se à alocação dos custo às atividades conforme estabelecia o modelo .

Concluídas estas etapas , seguiu-se a elaboração do perfil da capacidade de agregação de valor ao produto dos sistemas de manufatura em diversas situações, concluindo com o cálculo dos índices de eficiência do ciclo de produção para cada sistema de manufatura .

Em posse dos resultados obtidos , as seguintes principais conclusões podem ser apresentadas :

★ O modelo proposto neste trabalho mostrou uma potencialidade para aplicação e utilização como ferramenta de análise estratégica , haja visto que o mesmo pode indicar de uma forma clara a conceituação de atividades que agregam valor ao produto e atividades que não agregam valor ao produto .

★ A conceituação teórica em que se baseia o modelo , enfocando o processo produtivo em atividades e buscando uma sistemática de custeio destas atividades, conduz a uma avaliação mais ponderada da capacidade de um sistema produtivo em agregar valor ao produto . Além disso , o próprio levantamento das atividades necessárias para a obtenção de um produto , mostrou ser uma tarefa que conduz a uma exposição dos pontos problemáticos do sistema produtivo .

★ As classificações em atividades que agregam valor ao produto (AAVP) e atividades que não agregam valor ao produto (ANAVP) , merecem as seguintes observações:

- a classificação das atividades AVP é quase que imediata , haja visto que constituem de atividades que realmente se fazem necessárias para a obtenção do produto . Dessa maneira , torna-se fundamental a focalização dos processos e de suas finalidades . Nesta ótica , as atividades de inspeções de qualidade , "set-up"de máquinas-ferramenta , etc não se constituem em atividades AVP .

- a classificação das atividades NAVP também devem ser analisadas tendo como ponto focal o processo , para que não se cometam generalizações equivocadas, do tipo da classificação indiscriminada de " limpeza das peças " em atividades NAVP . A atividade de limpeza pode ter somente a finalidade de se manter um bom aspecto da peça após passar por um processo produtivo , sendo que neste caso pode ser classificada como uma atividade NAVP . No entanto , em situações onde essa atividade tem um aspecto determinante no processo produtivo , deve ser classificada como AVP. Pode-se citar como exemplo a limpeza da peça em alguns tipos de tratamentos termoquímicos , onde a permanência de alguns sais podem iniciar processos de corrosão no material .

- é importante que todas as atividades , sejam elas atividades AVP ou NAVP , busquem identificar ao máximo todas as peculiaridades envolvidas no processo produtivo . Neste sentido , deve-se dedicar atenção especial ao levantamento de tempos dispendidos em cada atividade , para que não se incorra em interpretações errôneas sobre a amplitude de uma atividade dentro de um processo produtivo .

★ As análises efetuadas com relação ao Sistema Convencional de Manufatura (SCM) , levaram às seguintes principais observações :

- o número elevado de atividades AVP e NAVP , é uma das características dos sistemas convencionais de manufatura , onde é maior o número de interfaces do sistema produtivo .

- os perfis gráficos da capacidade de agregação de valor ao produto mostram situações onde a atividade de inspeção é um dos fatores de influência no tempo total de manufatura , em função da frequência de inspeção de cada atividade . Verifica-se também , uma inatividade maior do produto depois que o máximo de valor foi agregado ao produto durante a referida fase produtiva .

★ As análises efetuadas com relação ao Sistema Flexível de Manufatura (SFM) , levaram às seguintes principais observações :

- o número reduzido de atividades AVP e NAVP , apresenta-se como uma característica marcante dos sistemas com automação flexível , diminuindo o número de interfaces dentro do sistema produtivo .

- os perfis gráficos da capacidade de agregação de valor ao produto , mostram um tempo maior dedicado às atividades AVP . Contudo , persiste a situação já

- os perfis gráficos da capacidade de agregação de valor ao produto , mostram um tempo maior dedicado às atividades AVP . Contudo , persiste a situação já verificada no SCM , com uma ociosidade maior do produto depois que se agregou o máximo de valor durante esta fase produtiva .

★ Dessa forma , algumas observações operacionais podem ser levantadas , com relação aos sistemas de manufatura analisados :

- adequação dos lotes de produção e também dos lotes de transferência, em ambos os sistemas de manufatura , procurando minimizar o período de inatividade verificado nas peças antes e depois de efetuadas as operações produtivas .

- soluções que visem , em ambos os sistemas de manufatura, diminuir os tempos e/ou eliminar prioritariamente as atividades NAVP no final de processo, ou seja , depois que o máximo de valor foi agregado ao produto .

- devido ao valor elevado da matéria-prima (fundidos das caixas de mudanças) utilizada nestes processos , quando comparada com o valor que é agregado durante o processo produtivo , deve-se procurar soluções que minimizem os estoques de "work in process" em ambos os sistemas de manufatura . Além disso , também deve-se avaliar as possibilidades de negociações mais amplas com os fornecedores destas matérias-prima , visando outras alternativas de fornecimento deste material , como por exemplo uma alimentação dedicada de matéria-prima aos dois sistemas de manufatura , baseado na adoção de enfoques do tipo "Kanbam" ou "Just in Time" .

Finalizando este trabalho , em função dos resultados e constatações verificadas, faz-se necessário a sugestão para trabalhos futuros que visem uma complementação dos seguintes pontos :

- ❖ Avaliação do perfil gráfico da capacidade de agregação de valor aos produtos , quando da adoção de técnicas diferenciadas de planejamento e controle da produção , para ambos os sistemas de manufatura .

- ❖ Elaboração do modelo de "Input-Output" avaliando todas as etapas de um determinado produto dentro da empresa , ou seja , desde o setor de recebimento da matéria-prima até a expedição do produto final , analisando dessa forma as etapas pré-produtiva , produtiva e pós-produtiva .

- ❖ Análise da eficácia do modelo quando utilizado em outros segmentos industriais , tais como : setor químico , setor têxtil , setor eletro-eletrônico , setor metalúrgico, setor de serviços , etc , procurando estabelecer uma característica do comportamento da capacidade de agregação de valor ao produto para diferentes ramos industriais .

- ❖ Estabelecimento de programas computacionais que permitam a aquisição de dados sobre as atividades de um processo , classificação destas atividades em AVP e NAVP , tempos dispêndidos em cada atividade , elaboração dos perfis gráficos de agregação de valor ao produto e cálculo dos índices ECP para o processo produtivo .

Referências Bibliográficas

- [1] AGOSTINHO, O.L. ; "Estudo da Flexibilidade dos Sistemas Produtivos", 1989, Tese de Doutorado, EESC/USP .
- [2] ALBERTI, N. ; LA DIEGA, N.S. ; PASSANNANTI, A. ; "Cost Analysis of FMS Throughput", 1988, Annals of the CIRP, v.37, p.413-416 .
- [3] BACIC, M.H. ; "Custeio por Taxa ", 1981, Texto Publicado, Unicamp .
- [4] BAPTISTA, M.A.C. ; "Os Impactos da Difusão de Novas Tecnologias : algumas considerações", 1988, Seminário de Tópicos Avançados de Economia Industrial, Unicamp, Julho .
- [5] BARKER, R.C ; POWELL, N.K. ; "A Heuristic Approach to the Formulation of Manufacturing Strategy ", 1989, International Journal of Production Research, v.27, n.12, p. 2041-2051 .
- [6] BARKER, R.C. ; "Achieving Increased Production Efficiency - A Systems Approach", 1992-a, International Journal of Long Range Planning, in press .
- [7] BARKER, R.C. ; "Functional Manufacturing Strategy : Infrastructure, Development and Throughput Time Reduction ", 1990-a, Proceedings of, May, v.1, p.71-85 .
- [8] BARKER, R.C. ; "Input Adaptative Strategy : Formulation, Development and Application of a Functional Manufacturing Strategy", 1990-b, International Journal of Production Research, v.28, n.4, p.675-683 .
- [9] BARKER, R.C. ; "Quality in the Drive to World Class Manufacturing ", 1991-a, British Production Inventory Control Society, August-September, p. 29-30 .
- [10] BARKER, R.C. ; "Restructuring Production Operations : The Applications of Time-Based Value-Adding Models", 1991-b (accepted for publication on June, 20th), International Journal of Advanced Manufacturing Technology .
- [11] BARKER, R.C. ; "Value Adding Performance Measurement - A Time Based Approach", 1992-b, in press.
- [12] BERLANT, D. ; BROWNING, R. ; FOSTER, G. ; "How Hewlett-Packard Gets Numbers It Can Trust ", 1990, Harvard Business Review, January-February, p.178-183 .

- [13] BHIMANI, A. ; BROMWICH, M. ; "Advanced Manufacturing Technology and Accounting : a renewed alliance ", 1992 , Computer-Integrated Manufacturing Systems , August , v.5 , n.3 , p.199-207 .
- [14] BRAUSCH, M.J. ; "Selling ABC",1992 , Management Accounting , February , p.42-46 .
- [15] BRIMSON, J.A. ; "Bringing Cost Management up to date " , 1988 , Manufacturing Engineering, June, p.49-51 .
- [16] BURBIDGE, J.L. ; "Planejamento e Controle da Produção", 1988 , Editora Atlas S.A.
- [17] CAULLIRAUX, H.M. ; PROENÇA, A.P. ; "Desintegração Integrada : um novo padrão de organização industrial" , 1989 , Seminário ILAT/IBM , Janeiro .
- [18] CHALOS, P. ; "Managing Cost in Today's Manufacturing Environment", 1992 , Prentice - Hall,c.XII , p.228-237 .
- [19] CHEN, F.F. ; ADAM, E.E. ; "The Impact of Manufacturing Systems on the Productivity and Quality " , 1991 , IEEE Transactions on Engineering Management , February , v.38 , n.1 , p. 33-45 .
- [20] COOPER, R. ; KAPLAN, R.S. ; "Profit Priorities from Activity Based Costing", 1991 , Harward Business Review , May-June , p.130-135 .
- [21] EDQUIST, C. ; JACOBSON, S. ; "Flexible Automation : The Global Difusion of New Technology in the Engineering Industry", 1988 , Basil Blackwell Ltd. , c.II .
- [22] FERGUSON, C.E. ; "Microeconomia", 1977 , Editora Forense Universitária , Terceira Edição .
- [23] GOLD, B. ; "CAM Sets New Rules for Production", 1982 , Harward Business Review , November-December , v.60 , n.6 , p. 88-94 .
- [24] GOLDHAR, J.D. ; JELINECK, M. ; "Computer Integrated Flexible Manufacturing : Organizational, Economic and Strategic Implications " , 1985 , Interfaces , n.15 , p. 94 -105 .
- [25] GOLDHAR, J.D. ; JELINECK, M. ; "Plan for Economies of Scope", 1983 , Harward Business Review , November-December , v.61 , n.6 , p. 141-148 .
- [26] GOLDRATT, E. ; "Computerized Shop Floor Scheduling", 1988 , International Journal of Production Research , v.26 , n.3 , p.433-455 .
- [27] GUIMARÃES, E.A. ; "Acumulação e Crescimento da Firma : um estudo de organização industrial " , 1989 , Editora Zahar .
- [28] HAYES, R.H. ; JAIKUMAR, R. ; "Manufacturing's Crisis : New Technologies , Obsolete Organizations", 1988 , Harvard Business Review , September-October , p.77-85 .
- [29] JOHNSON, H.T. ; KAPLAN, R.S. ; "Contabilidade Gerencial" , 1993 , Editora Campus .
- [30] JUNIOR, F.H. ; "Custos Industriais : organização administrativa e contábil das empresas industriais " , 1977, Editora Atlas , Oitava Edição .

- [31] KAPLAN, R.S. ; "One Cost System isn't enough", 1988, Harward Business Review, January-February, p.61-66 .
- [32] KAPLAN, R.S. ; "Yesterday's Accounting Undermines Production", 1984, Harward Business Review, July-August, p. 95-101 .
- [33] KAPLINSKY, R. ; "Eletronics Based Automation Technologies and the Onset of the Systemofacture : Implications for Third World Industrialization ", 1987, n.3, p. 425-427 .
- [34] KING, M.A. ; "The Current Status of Activity-Based Costing : An Interview with Robin Cooper and Robert S. Kaplan", 1991, Management Accounting, September, p.22-26 .
- [35] LAPLANE, M. ; FERREIRA, C.K. ; "A Indústria de Equipamentos de Automação Industrial com base microeletrônica mundial : situação atual e principais tendências", 1985, Texto Publicado no Instituto de Economia, Unicamp .
- [36] MARTINS, E. ; "Contabilidade de Custos", 1993, Editora Atlas, Quarta Edição .
- [37] MENEZES, L.C.M. ; "A Gestão da Implantação da Automatização Industrial", 1989, Anais da V Jornada Internacional de Automação Industrial, Agosto .
- [38] MERCHANT, E. ; "The Inexorable Push for Automated Production", 1977, Production Engineering, January, v.24 .
- [39] MIGUEL, P.A.C. ; "Proposta de um Novo Modelo de Cálculo do Custo por Peça em Centros de Custos Departamentais ", 1992, Dissertação de Mestrado, Unicamp .
- [40] MONKS, J.G. ; "Administração da Produção", 1987, Editora MacGraw Hill, cap.VI.
- [41] NAKAGAWA, M. ; "Gestão Estratégica de Custos", 1991, Editora Atlas, c.IV, p.33-57 .
- [42] O'GUIN, M. ; "Focus the Factory with Activity-Based Costing", 1990, Management Accounting, February, p.36-41 .
- [43] PARNABY, J. ; "The Design of the Competitive Manufacturing Systems ", 1986, International Journal of Technology Management, v.1, n.3/4, p.385-396 .
- [44] PLONSK, G.A. ; "Automatização Industrial e Qualidade Organizacional ", 1989, Anais da V Jornada Internacional de Automação Industrial, Agosto .
- [45] PLOSSL, G.W. ; "Throughput Time Control", 1988, International Journal of Production Research, v.26, n.3, p.493-499 .
- [46] PLOSSL, K.R. ; "Production in the Factory of the Future", 1988, International Journal of Production Research, v.26, n.3, p. 501-506 .
- [47] PORTER, E.M. ; "Competitive Strategy", 1980, New York Press, c.VIII .
- [48] SON, Y.K. ; "A Framework for Modern Manufacturing", 1991, International Journal of Production Research, v.29, n.12, p.2483-2499 .

- [49] TANAKA , H. ; "Critical Success Factors in Factory Automation" , 1991 , International Journal of Long Range Planning , v.24 , n.4 , p.29-35 .
- [50] TAVARES , M.C. ; "Acumulação de Capital e Industrialização no Brasil", 1986 , Editora da Unicamp, Segunda Edição .
- [51] THE ECONOMIST ; "Costing the Factory of the Future", 1990 , March 3 , p.61-62 .
- [52] VOLLMANN , T.E. ; BERRY , W.L. ; WHYBARK , D.C. ; "Manufacturing Planning and Control Systems", 1984 , Dow-Jones Irwin , c.13 , p. 372-404 .
- [53] WIENDAHL , H.P. ; "The Throughput Diagram - An Universal Model for the Illustration , Control and Supervision of Logistic Processes", 1988 , Annals of the CIRP , v.37 , p.465-468.