

HD30.28
G73
1996



UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA

INSTITUTO SUPERIOR DE ECONOMIA E GESTÃO

MANUTENÇÃO PREVENTIVA COMO FACTOR CHAVE DA PRODUTIVIDADE NA
CADEIA DE FORNECIMENTO LOGÍSTICA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM GESTÃO E ESTRATÉGIA INDUSTRIAL

Maria José Borges Grafanhate

Sob a orientação do Professor Doutor Alberto A. Ferreira Pereira

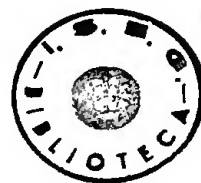
CONSTITUIÇÃO DO JÚRI:

PRESIDENTE: - Professor Doutor Alberto Augusto Ferreira Pereira, professor associado do Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade Técnica de Lisboa;

VOGAIS: - Professora Doutora Maria Isabel Rebelo Teixeira Soares, professora associada da Faculdade de Economia da Universidade do Porto;

- Professor Doutor João Veríssimo de Oliveira Lisboa, professor associado da Faculdade de Economia da Universidade de Coimbra;

- Professor Doutor João Pina da Silva, professor associado do Instituto Superior de Economia e Gestão da Universidade Técnica de Lisboa;



DEDICATÓRIA

PARA OS MEUS PAIS



AGRADECIMENTOS

Quero expressar os meus mais profundos agradecimentos ao meu Orientador Científico, Professor Doutor Alberto Augusto Ferreira Pereira pelo seu apoio científico e pela sua influência na Universidade de Clemson nos E.U.A., que me permitiu visitar esta Universidade, contactar com Professores locais e recolher imenso material científico na sua excelente biblioteca.

Não posso esquecer o Professor Doutor Mark A. Mcknew e sua esposa, Professora Doutora Judith Mcknew, pela sua colaboração científica e inesgotável simpatia.

Um especial agradecimento ao Professor António Sarmento Batista, pelo seu apoio e incentivo sem o qual teria sido quase impossível elaborar esta tese.

A todos bem haja.

ÍNDICE

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| DEDICATÓRIA | i |
| AGRADECIMENTOS | ii |
| LISTA DE FIGURAS | iii |
| LISTA DE TABELAS | vii |
| CAPÍTULOS | |
| I - INTRODUÇÃO | 1 |
| II- METODOLOGIA | 3 |
| III - CADEIA DE VALOR E VANTAGEM COMPETITIVA | 7 |
| 1. Cadeia de valor | 7 |
| 2. Vantagem de custo | 16 |
| 3. Diferenciação | 21 |
| IV - A EVOLUÇÃO DA LOGÍSTICA E O SEU SIGNIFICADO | 29 |
| 1. História do conceito de logística | 29 |
| 2. Impacto dos factores externos na logística | 31 |
| 2.1. Infra estrutura política-legal | 32 |
| 2.2. Explosão tecnológica | 33 |
| 2.3. Mudança estrutural no comércio internacional e na economia mundial | 34 |
| 2.4. Globalização..... | 36 |
| 3. Satisfação do cliente e qualidade logística | 38 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|------------|
| V - A CADEIA LOGÍSTICA DE FORNECIMENTO | 41 |
| 1. A logística como factor competitivo | 41 |
| 2. A cadeia logística de fornecimento | 51 |
| 3. O paradigma da gestão logística | 59 |
| 4. As estratégias logísticas | 63 |
| VI - PLANEAMENTO DA MANUTENÇÃO | 69 |
| 1. Conceito de manutenção | 69 |
| 2. Plano de manutenção | 71 |
| 3. Tarefas de manutenção | 74 |
| 4. Análise das tarefas de manutenção | 78 |
| VII - MANUTENÇÃO PREVENTIVA E SEUS BENEFÍCIOS | 83 |
| 1. Manutenção preventiva | 83 |
| 2. Limite da manutenção preventiva: zero defeitos | 93 |
| 3. As quatro fases da manutenção de máquinas | 95 |
| 4. Ferramentas da manutenção preventivas | 100 |
| 4.1. O estudo de vibrações | 100 |
| 4.2. A análise dos óleos | 107 |
| 4.3. Os sistemas especialistas | 113 |
| 4.4. Outros métodos de observação aplicados na manutenção moderna | 115 |
| 5. As vantagens e limites da manutenção preventiva | 118 |
| VIII - IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS LOGÍSTICAS | 121 |
| Medidas de logística | 121 |
| 1. Factores de fiabilidade | 121 |
| 2. Factores manuteníveis | 127 |
| 2.1 Factores de tempo de manutenção | 128 |
| 2.2 Factores de horas de laboração em manutenção | 134 |
| 2.3 Factores de frequência de manutenção | 135 |
| 2.4 Factores de custo de manutenção | 137 |

| | |
|-----------------------------------------------------|------------|
| 3. Factores de suporte de fornecimento | 138 |
| 4. Factores de equipamento de teste e suporte | 139 |
| 5. Factores organizacionais | 141 |
| 6. Factores de software | 142 |
| 7. Factores de disponibilidade | 143 |
| 8. Factores económicos | 145 |
| 9. Factores de recursos | 149 |
| 10. Factores de transporte e manuseamento..... | 150 |
| 11. Factores de eficiência | 152 |
| | |
| IX- CONCLUSÕES | 157 |
| | |
| BIBLIOGRAFIA | 161 |



Lista de FIGURAS

| FIGURA | | PÁGINA |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 3.1 | Sistema de valores | 7 |
| 3.2 | Cadeia de valor genérica | 8 |
| 3.3 | Subdivisão de uma cadeia de valor genérica | 14 |
| 3.4 | Cadeias de valor alternativas em companhias aéreas | 20 |
| 3.5 | Fontes representativas de diferenciação na cadeia de valor | 24 |
| 5.1 | Esquema de Thomas Gunn para uma empresa de classe mundial | 45 |
| 5.2 | Esquema da "Fábrica Virtual" | 46 |
| 5.3 | Cadeia logística de fornecimento | 51 |
| 5.4 | Cadeia logística de fornecimento - Factores chave | 52 |
| 5.5 | Factores chave na configuração estrutural da cadeia logística de fornecimento | 53 |
| 5.6 | Factores chave de afectação de recursos na cadeia logística de fornecimento | 54 |
| 5.7 | Políticas/decisão de gestão chave na cadeia logística de fornecimento | 55 |

(continuação da lista de figuras)

| | | |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.8 | Custo dos condutores/indicadores de desempenho chave na cadeia de fornecimento logística | 56 |
| 5.9 | Considerações chave de Tecnologia de Informação e automação na cadeia logística de fornecimento | 57 |
| 5.10 | Sub actividade PRODUÇÃO - Desagregação da actividade combinada <i>Logística Interna e Logística Externa</i> da cadeia de valor genérica | 59 |
| 6.1 | Relacionamento entre os níveis de manutenção | 73 |
| 6.2 | Análise das tarefas de manutenção | 79 |
| 7.1 | As diferentes formas de manutenção | 86 |
| 7.2 | Curva de custo das reparações aplicando-se apenas manutenção correctiva | 87 |
| 7.3 | Perda de tempo de produção numa paragem inesperada | 87 |
| 7.4 | Curva de custo das de manutenção sistemática | 88 |
| 7.5 | Esquema representativo de uma paragem de produção programada | 88 |
| 7.6 | Análise de defeito | 90 |
| 7.7 | Peso da manutenção condicional | 90 |
| 7.8 | As três formas de manutenção | 91 |
| 7.9 | Recapitulação sintetizada dos três tipos de manutenção | 92 |

(continuação da lista de figuras)

| | | |
|------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.10 | Esquema de prevenir quebras e defeitos em máquinas | 93 |
| 7.11 | 1º fase da manutenção de uma máquina Probabilidade de falha da máquina | 96 |
| 7.12 | 2º fase da manutenção de uma máquina Probabilidade de falha da máquina | 96 |
| 7.13 | 3º fase da manutenção de uma máquina Probabilidade de falha da máquina | 97 |
| 7.14 | 4º fase da manutenção de uma máquina Probabilidade de falha da máquina | 98 |
| 7.15 | Movimentos sinusoidais: componentes harmónicas e fundamental | 102 |
| 7.16 | Movimento pseudo-periódico | 102 |
| 7.17 | Movimento aperiódico | 103 |
| 7.18 | Representação temporal se um sinal | 105 |
| 7.19 | Representação espectral de um sinal..... | 105 |
| 7.20 | Diferentes maneiras de medir a amplitude no seu valor global..... | 106 |
| 7.21 | Exemplo típico do espectro de um rolamento | 107 |
| 7.22 | Diferentes tipos de desgaste | 110 |
| 7.23 | Progressão característica para a avaria | 111 |
| 7.24 | Procedimentos lógicos para a pesquisa da causa do desgaste | 112 |

(continuação da lista de figuras)

| | | |
|------|---------------------------------------------------------------------------|-----|
| 7.25 | Esquema de um sistema especialista | 113 |
| 7.26 | Esquema de um sistema especialista em alternativas de funcionamento | 114 |
| 7.27 | Esquema de uma metodologia para a execução da Manutenção Preventiva | 117 |
| 7.28 | Processo para a escolha da manutenção adequada | 119 |
| 8.1 | Ciclo de manutenção correctiva | 129 |
| 8.2 | Função distribuição log-normal | 131 |
| 8.3 | (in)Visibilidade do total dos custos | 146 |
| 8.4 | Exemplo de uma estrutura de referência para custos | 147 |
| 8.5 | Desenvolvimento de um perfil de custos..... | 148 |
| 8.6 | Perfis de custo alternativos para o Ciclo de Vida do sistema..... | 149 |
| 8.7 | Fluxo básico Operacional/Manutenção para um equipamento | 154 |

Lista de TABELAS

| TABELA | | PÁGINA |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 4.1 | Funções do negócio tipicamente envolvidas na logística de fabricantes, retalhistas e grossistas | 31 |
| 5.1 | Mudanças na incidência do negócio | 47 |
| 5.2 | Impacto na logística dos principais componentes das estratégias competitivas | 64 |
| 6.1 | Tarefas de manutenção para uma acção de reparação | 78 |
| 6.2 | Planeamento de manutenção na fase de aquisição | 81 |
| 7.1 | Transformações tecnológicas | 83 |
| 7.2 | Alguns factores que conduzem à quebra de máquinas | 94 |
| 7.3 | Comparação da TPM e TQC | 99 |
| 7.4 | Diferentes tipos de vibrações e suas formas de representação | 104 |
| 8.1 | Rácio de falha combinado | 124 |

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Tal como no passado Fayol (Fayol, 1908) identificou seis funções de Direcção nas Organizações Industriais (técnica; comercial; financeira; segurança; contabilidade e administrativa), também agora se vislumbram, com base nas tendências que se têm vindo a emergir, duas áreas essenciais e estratégicas que o futuro poderá consagrar: O *Marketing* e a *Logística*.

Quanto à logística, para além da missão clássica da organização da circulação física, sobressai hoje do seu próprio interior um novo e importante núcleo duro, o da *manutenção e reciclagem* das estruturas físicas da produção.

Quando o desempenho global de um sistema é função do equilíbrio conseguido entre os seus diversos componentes, e não necessariamente do desempenho óptimo de cada um deles, a sua gestão constitui sem dúvida uma ciência de interfaces, o que implica uma profunda reflexão sobre a correlação dos objectivos dos componentes intermédios e a sua sustentação.

Esta tese trata da *Manutenção Preventiva* numa óptica integrada para o aumento de produtividade das empresas industriais. Uma boa execução das acções de manutenção apresentará benefícios para a empresa.

Estes benefícios são pois vantagens competitivas que devem ser aproveitadas. Um produto ou serviço poderá apresentar um elenco de particularidades que o elejam como favorito, mas se não apresentar vantagem competitiva relativamente ao custo poderá estar condenado ao fracasso, sendo igualmente verdade a situação inversa.

A manutenção preventiva, numa óptica integrada, é um serviço, e, como tal, uma componente que faz parte da cadeia de valor, por isso poder-se-á diagnosticar a vantagem competitiva da empresa, caso contrário, não seria possível.

Quando se equaciona a problemática da competitividade de uma dada empresa, está-se naturalmente na presença de um conjunto de situações

concorrenciais (mercados), onde diversos concorrentes (protagonistas do processo), por diversos meios, tais como preço, qualidade, prazo, etc., disputam um dado objecto (clientes, vendas, quota de mercado, etc.), inseridos num determinado contexto político e institucional.

Com a construção da União Europeia, as empresas portuguesas estão confrontadas com vários desafios, nomeadamente mercados mais alargados e mais exigentes e produtos diversificados, com maior incorporação tecnológica, bem como uma concorrência mais agressiva, quer de produtores comunitários, quer de países terceiros. Muitos dos seus concorrentes dispõem de recursos humanos com melhor preparação, de tecnologias mais evoluídas e de formas de gestão, de organização e de produção mais flexíveis. Assim, uma das maiores vulnerabilidades da indústria portuguesa advém-lhe da fraca utilização concorrencial da tecnologia, da inovação ou, de uma forma geral, da investigação científica.

É objectivo fundamental desta tese alertar os gestores para uma outra perspectiva que permita às empresas produtivas, reunir condições cada vez mais favoráveis ao estabelecimento da competitividade, ou seja, que as vantagens concorrenciais encontrem um meio favorável para serem criadas e mantidas.

A manutenção preventiva é uma necessidade de todas as empresas produtivas e porque quem conseguir oferecer melhor produtividade tem vantagem sobre os outros, a execução da *Manutenção Preventiva*, nos moldes em que é preconizada, poderá constituir um factor chave para o sucesso das empresas que a têm como um serviço diferenciado.

Se atendermos ao ambiente de turbulência em que as empresas vivem, é crucial continuar os esforços para o aumento de produtividade. A produtividade com rentabilidade é, de facto, determinante para o crescimento do nível de vida a longo prazo, e é a fonte sustentada de prosperidade.



CAPÍTULO II METODOLOGIA

Esta tese tem como objectivo principal o reconhecimento da Manutenção Preventiva como um factor chave da produtividade de uma empresa, pelo que se tornou imperiosa a sua identificação, definição e modo de implementação como um serviço pertencente à cadeia de valor, e por isso geradora de vantagem competitiva, particularmente para as empresas que a têm como um serviço diferenciado.

A metodologia utilizada consiste, inicialmente, na identificação da empresa como elo na cadeia de valor da indústria, a partir do qual, com base na cadeia de valor de Porter (1985) se obteve a cadeia de valor genérica de uma empresa e consequente identificação das suas actividades de valor.

Da identificação das actividades de valor, concretamente no que se refere às actividades primárias, directamente envolvidas na criação do produto, na sua venda e transferência para o cliente, identifica-se a logística como um elo determinante na cadeia de valor da empresa. Através da desagregação das actividades Logística interna e Logística externa consegue-se desenhar a Cadeia Logística de Fornecimento, com o fluxo de materiais e informação que lhe é inerente.

Tendo por base que a boa gestão da Cadeia Logística de Fornecimento depende de vários factores chave como são os factores estruturais, a afectação de recursos e as políticas de gestão, identifica-se a Manutenção Preventiva como uma das sub-actividades associadas à afectação de recursos do elo produção da Cadeia Logística de Fornecimento, sendo por isso um dos elementos determinantes da produtividade de uma empresa. Saliente-se que as estratégias logísticas permitem a ligação entre os processos internos de externos da produção, onde as actividades de manutenção são determinantes.

Após o perfeito isolamento e identificação da actividade Manutenção Preventiva, como um serviço pertencente à cadeia de valor, é demonstrada a necessidade da execução do planeamento da manutenção, explicando-se por isso em que consiste o conceito de manutenção, o plano de manutenção e as tarefas que lhe estão associadas assim como o contributo da análise dos seus resultados.

Na sequência do desenvolvimento anterior foi feito um zoom sobre a actividade manutenção, identificando especialmente a sua componente preventiva, como o caminho da obtenção de zero defeitos, servindo-nos para isso da análise das 4 fases da manutenção. Aproveitamos em simultâneo, de acordo com o tema desenvolvido, para identificar as ferramentas mais utilizadas na execução de Manutenção Preventiva, ilustrando e ilucidando sobre as suas aplicações e vantagens em diferentes situações.

Além disso, e tendo em conta que a logística é entendida como um compósito de todas as considerações necessárias para assegurar o suporte efectivo e económico de um sistema/produto ao longo do seu ciclo de vida, os requisitos de logística devem ser especificados inicialmente, e são susceptíveis de avaliar interactivamente. Nesse sentido foram descritos vários factores de medidas logísticas, inclusivamente factores directamente relacionados com a manutenção, e demonstrada a sua inter-relação através da análise do ciclo de vida do sistema/produto, como uma entidade única.

Para o objectivo a que se predispõe esta tese está organizada em nove capítulos, dos quais os capítulos III, IV, V, VI, VII e VIII são o suporte da metodologia utilizada, os capítulos I e II referem-se respectivamente à introdução e à metodologia de desenvolvimento desta tese, e por último o capítulo IX onde se encontram as conclusões obtidas da elaboração da mesma.

Assim temos que:

O capítulo III faz uso da cadeia de valor de Porter (1985) para a identificação das duas estratégias genéricas globais, e para através da desagregação das suas actividades primárias - *Logística interna* e *Logística Externa* -, nas suas sub actividades de acordo com o seu impacte potencial de diferenciação e/ou proporção significativa ou crescente dos custos. Este capítulo serve ainda de base à introdução do conceito de cadeia logística de fornecimento.

O capítulo IV dá uma perspectiva da evolução do conceito de logística, explicando também como os factores externos: infra estrutura política/legal; explosão tecnológica; mudança estrutural no comércio e na economia mundial; e a globalização tiveram impacto na relevância da logística na prática do negócio. Este capítulo serve de plataforma para a identificação das estratégias logísticas, suportadas na análise da cadeia de fornecimento logística do capítulo V.

O capítulo V trata a logística como um factor competitivo e determinante nas estratégias produtivas, através da análise do fluxo de materiais e informação, e a maneira como se enquadram e agrupam ao longo da cadeia. Neste capítulo desenvolve-se a desagregação das sub actividades de valor da cadeia de fornecimento logística, até ao nível que permita a análise da vantagem competitiva, concretamente da componente produção, no elemento manutenção.

O capítulo VI explica a essência do conceito da manutenção, o seu planeamento e as suas tarefas, ilustrando o contributo que pode advir da análise das tarefas de manutenção, resultante da sua divisão por funções e níveis de manutenção. Explica ainda como da divisão da manutenção em diferentes níveis se obtém a redução do intervalo de tempo que um determinado equipamento está à espera quando avaria e na redução da quantidade de recursos a disponibilizar para o suporte da manutenção.

O capítulo VII define e explica em detalhe as diferentes formas de manutenção. Tendo como incidência principal a manutenção preventiva na sua componente condicional, alertando-se para o facto de que para alcançar eficiência e eficácia global do sistema de produção é necessário o comprometimento de todos os empregados nas actividades de Manutenção Preventiva, garantindo deste modo o processo original, dentro do menor custo, e sem afectar a produtividade. Ainda neste capítulo são passadas em revista as ferramentas utilizadas na manutenção preventiva, e a sua adequação a diferentes circunstâncias.

O capítulo VIII tem como objectivo introduzir alguns factores quantitativos aplicáveis mais comuns, no desenvolvimento da capacidade de suporte logístico. São estes os factores de: fiabilidade; manutenção; fornecimento; equipamento de suporte e teste; organizacionais; disponibilidade; recurso; transporte e manuseamento, e de eficiência. Realça ainda que as medidas de logística estão todas interligadas e são escolhidas em função do tipo de análise, tendo sempre presente a unicidade do sistema/equipamento.

Finalmente, no capítulo IX apresenta-se um conjunto de conclusões que correspondem a uma retrospectiva e síntese do que se desenvolveu ao longo do trabalho.

CAPÍTULO III

CADEIA DE VALOR E VANTAGEM COMPETITIVA

Este capítulo descreve a cadeia de valor de Porter (1985) e as duas estratégias genéricas globais - *Vantagem de custo* e *Diferenciação*. Mostra ainda, através da desagregação das *actividades primárias* - *Logística Interna* e *Logística Externa*, nas suas sub-actividades, a introdução ao conceito de *cadeia de fornecimento logística*, que é discutida nos capítulos seguintes.

1. CADEIA DE VALOR

A vantagem competitiva não pode ser compreendida pela análise da empresa como um todo. Aquela tem a sua origem nas inúmeras e distintas actividades executadas pela empresa, durante o ciclo de vida do seu produto (projecto, produção, *marketing*, entrega e serviço pós-venda). Identificar uma fonte de vantagem competitiva, passa pelo exame de todas as actividades executadas pela empresa e pela forma como elas se relacionam entre si. A cadeia de valor pressupõe a decomposição da empresa nas suas actividades de relevância estratégica para identificar o comportamento dos custos, e as suas fontes potenciais de diferenciação. Uma empresa ganha vantagem competitiva executando estas actividades, estrategicamente importantes, a um custo menor que o dos seus concorrentes.

A cadeia de valor de uma empresa insere-se como um elo pertencente a um sistema de valores, que é a indústria (Figura 3.1).



Figura 3.1 - Sistema de valores

Os fornecedores possuem também as suas cadeias de valor que pressupõem a criação e a entrega de produtos, que são adquiridos e usados na cadeia da empresa. Os fornecedores além de entregarem o produto também podem influenciar o desempenho da empresa de várias formas. Além disso, muitos produtos

passam pela cadeia de valor dos canais de distribuição, quando estes são encaminhados para o cliente. Estes canais executam actividades que podem ter influência nos clientes, bem como nas actividades da própria empresa. Daqui em diante, o produto pode tornar-se, eventualmente, parte da cadeia de valor do cliente. Então, o objectivo principal da empresa para obter a diferenciação, deverá ser a capacidade de determinar as suas necessidades, com o seu produto, na cadeia de valor do seu cliente. Valor, em termos competitivos, é o montante que o cliente está disposto a pagar pelo que a empresa lhe oferece. O valor é medido pela receita total, reflexo do preço que o produto de uma empresa impõe, e as unidades que ela vende. Uma empresa é rentável, se o valor que ela estipula ultrapassa todos os custos envolvidos na criação e comercialização do produto. Criar valor, para os clientes, mantendo os custos inferiores às receitas é a meta de qualquer estratégia. Algumas empresas ao pretender diferenciar os seus produtos têm-no feito à custa da elevação do custo, se bem que a posição competitiva se alcance através do *valor*, que o cliente reconhece no produto, e não pelo seu maior custo de produção (Porter, 1985).

A empresa é um conjunto de actividades que são executadas para projectar, produzir, comercializar, entregar e sustentar o seu produto. Todas estas actividades podem ser representadas, fazendo uso da cadeia de valor concebida por Porter (1985), e representada na Figura 3.2.



Figura 3.2 - Cadeia de valor genérica

A cadeia de valor ilustra o valor total, que consiste no valor da margem mais o custo das actividades de valor. Estas actividades, designadas de *valor*, são as actividades física e tecnologicamente distintas, através das quais uma empresa cria um produto, de valor acrescentado para os seus clientes. A margem é o valor da diferença entre o valor total e custo da execução das actividades de valor.

Cada actividade de valor utiliza materiais, recursos humanos e tecnologia. Cada uma utiliza e cria informação (por exemplo: dados do cliente, parâmetros de desempenho, e estatísticas sobre falhas de produtos), podendo também, ainda, originar activos financeiros tais como stock e contas a receber, ou passivos como contas a pagar. Como se pode ver na Figura 3.2 estas actividades estão divididas em dois subgrupos: *actividades primárias* e *actividades de apoio*.

1) As *actividades primárias* são as que estão envolvidas na criação física de um produto, na sua venda e transferência para o cliente, bem como na assistência pós-venda. Em qualquer empresa as actividades primárias podem ser divididas em cinco categorias genéricas. Cada categoria pode ser dividida numa série de actividades distintas que dependem da indústria particular, e da estratégia da empresa:

- *Logística interna* - Conjunto de actividades associadas ao recebimento, armazenamento, e distribuição de matérias primas no produto, como manuseamento de materiais, armazenagem, controlo de stock, programação de frotas e devolução a fornecedores.
- *Operações* - Conjunto de actividades associadas à transformação de matérias primas em produto final, como trabalho com máquinas, embalagem, montagem, manutenção de equipamento, testes, impressão e operações de produção.
- *Logística externa* - Conjunto de actividades associadas à recolha, armazenamento e distribuição física do produto para os clientes, como manuseamento de materiais, armazenagem de produtos acabados,



operações com veículos para entrega, processamento de pedidos e programação.

- *Marketing e vendas* - Conjunto de actividades através das quais o cliente pode comprar o seu produto, acrescentando-lhe valor como publicidade, promoção, equipas de vendas, cotação, selecção de canais, relações com canais e fixação de preços.
- *Serviço* - Conjunto de actividades associadas ao fornecimento de serviço que serve para intensificar ou manter o valor do produto, como instalação, reparação, formação, fornecimento de peças de substituição e actualização do produto.

Cada categoria de actividade pode ser vital para a criação da vantagem competitiva, dependendo é claro da indústria, na qual a empresa se insere. Para um distribuidor, as logísticas interna e externa são cruciais, uma vez que constituem o núcleo da sua actividade. Para um banco, envolvido em empréstimos para as empresas, o *marketing* e as vendas são factores chave para a obtenção de vantagens competitivas, através da eficácia dos gestores de conta, e do modo como são fixadas as taxas de juro relativas ao empréstimo e do risco do mesmo. Para um fabricante de fotocopiadoras, o serviço representa uma fonte-chave de vantagem competitiva. Em qualquer empresa, no entanto, todas as categorias de actividades primárias estão, até certo ponto, envolvidas e desempenham algum papel na vantagem competitiva.

2) As *actividades de apoio* sustentam as actividades primárias assim como a si próprias, fornecendo materiais, tecnologia, recursos humanos e outras funções do âmbito da empresa. Por outro lado, e representado a tracejado (Figura 3.2), estão as actividades de Gestão e de Recursos Humanos, Desenvolvimento da Tecnologia e Aquisições, podendo estas ser associadas a actividades primárias, além de apoiarem a cadeia inteira. A infra-estrutura interna da empresa não está associada a

actividades primárias particulares, apoiando no entanto toda a cadeia interna.

Em qualquer empresa, as *actividades de apoio* podem ser divididas em quatro categorias genéricas. Cada categoria, da mesma forma que as actividades primárias, pode ser dividida numa série de actividades de valor distintas, específicas a uma determinada indústria. Por exemplo, no desenvolvimento de tecnologia, actividades distintas podem incluir o projecto de componentes, de características, de engenharia de processo e de selecção de tecnologia. Do mesmo modo, a aquisição pode ser dividida em actividades tais como: classificação de fornecedores; aquisição de matérias primas de grupos distintos; e controlo do desempenho dos fornecedores.

- *Aquisição* - refere-se à função de compra de materiais utilizados na cadeia de valor da empresa, e não propriamente aos materiais adquiridos. Os materiais adquiridos incluem matérias primas, máquinas, equipamento de teste, equipamento de escritório e edifícios. Embora estes materiais estejam normalmente associados a actividades primárias, estão presentes em cada actividade de valor, incluindo as de apoio. Por exemplo, produtos de laboratório e serviço de testes independentes são materiais adquiridos, comuns no desenvolvimento da tecnologia, enquanto uma firma de contabilidade é um produto adquirido comum na infra-estrutura. Como todas as actividades de valor, a aquisição emprega uma “tecnologia”, tais como: procedimentos para com os vendedores; normas de qualificação e sistemas de informação, etc.

A aquisição tende a espalhar-se por toda a empresa. Uma determinada actividade de aquisição pode, em geral, ser associada a uma actividade de valor específica, ou a actividades que ela apoia.

- *Desenvolvimento da tecnologia* - qualquer actividade de valor engloba tecnologia, seja ela *Know-how*, procedimentos ou a tecnologia envolvida no equipamento do processo. A variedade de tecnologias empregues na maioria das empresas é muito ampla, variando desde a

que é utilizada na preparação de documentos e no transporte de mercadorias, até às utilizadas directamente no próprio produto. Além do mais, a maior parte das actividades de valor utilizam tecnologia que combina uma série de subtecnologias diferentes, incluindo disciplinas específicas. A operação com uma máquina, por exemplo, combina as tecnologias da metalúrgica, electrónica e mecânica.

O desenvolvimento da tecnologia consiste em actividades diferentes que podem ser agrupadas, em termos gerais, num esforço de aperfeiçoamento de tecnologias e processos. O desenvolvimento da tecnologia pode apoiar qualquer uma das numerosas tecnologias inseridas em actividades de valor, inclusivamente áreas como tecnologia de comunicação, para o sistema de entrada de pedidos, ou automatização de escritório, para o departamento de contabilidade. Não se aplica exclusivamente a tecnologia, directamente relacionada com o produto final. O desenvolvimento da tecnologia relacionado com o produto e com as suas características, apoia a cadeia inteira, enquanto outro desenvolvimento de tecnologia está associado a actividades primárias ou de apoio particular. O desenvolvimento da tecnologia é importante para a vantagem competitiva em todas as indústrias, sendo vital em algumas, como é o caso da siderurgia, em que a tecnologia de processo é o factor isolado mais importante.

- *Gestão de recursos humanos* - consiste no desenvolvimento de actividades aplicadas ao recrutamento, contratação, formação, desenvolvimento e compensação de pessoal. A gestão de recursos humanos apoia as *actividades primárias* e de *apoio*, por exemplo com a contratação de engenheiros, e toda a cadeia, por exemplo com negociações com os trabalhadores e sindicatos.

A gestão de recursos humanos afecta a vantagem competitiva em qualquer empresa, através do seu papel na determinação das qualificações, e na motivação dos empregados e no custo da contratação e formação. Por exemplo, para as empresas de auditoria,

como a Arthur Andersen, o seu método de recrutamento e formação de milhares de acessores é a base da sua vantagem competitiva.

- *Infra-estrutura da empresa* - consiste num conjunto de actividades que inclui gestão global, planeamento, finanças, contabilidade, problemas jurídicos, questões governamentais e gestão de qualidade. A infra estrutura, ao contrário de outras actividades de apoio, geralmente dá apoio a toda a cadeia, e não a actividades individuais. A infra estrutura da empresa pode ser uma fonte poderosa de vantagem competitiva. Por exemplo, numa empresa as comunicações telefónicas, a negociação e a manutenção de relações contínuas com entidades governamentais podem estar entre as actividades mais importantes para a obtenção da vantagem competitiva. De modo semelhante, sistemas de informação, geridos de forma adequada, podem contribuir significativamente para a redução dos custos, enquanto que noutras indústrias a gestão de topo desempenha um papel determinante, no contacto com o cliente.

As actividades de valor são, portanto, os blocos de construção distintos da vantagem competitiva. O modo como cada actividade é executada e combinada com a economia, determina se uma empresa tem custo elevado ou não, em relação à concorrência. A forma como cada actividade de valor é executada, determina também a sua contribuição, para a satisfação das necessidades do cliente e, assim para a diferenciação do produto/serviço.

A partir desta cadeia genérica é possível identificar actividades de valor, que constituem a cadeia de valor da empresa. Cada categoria genérica pode ser subdividida em actividades distintas, conforme ilustra a Figura 3.3.

Embora estas actividades sejam os principais alicerces para o suporte de vantagem competitiva, a cadeia de valor não é, porém, um conjunto de actividades independentes. As actividades de valor estão relacionadas dentro da cadeia de valor, por elos de ligação. Estes elos de ligação são a relação entre a maneira como uma actividade de valor é executada, e o custo ou o desempenho de uma outra. Por exemplo, a compra de lâminas de aço de alta qualidade pré cortadas podem simplificar



o fabrico e reduzir os desperdícios. É frequente, a vantagem competitiva ser proveniente destes elos de ligação, da mesma forma que provém das próprias actividades individuais.

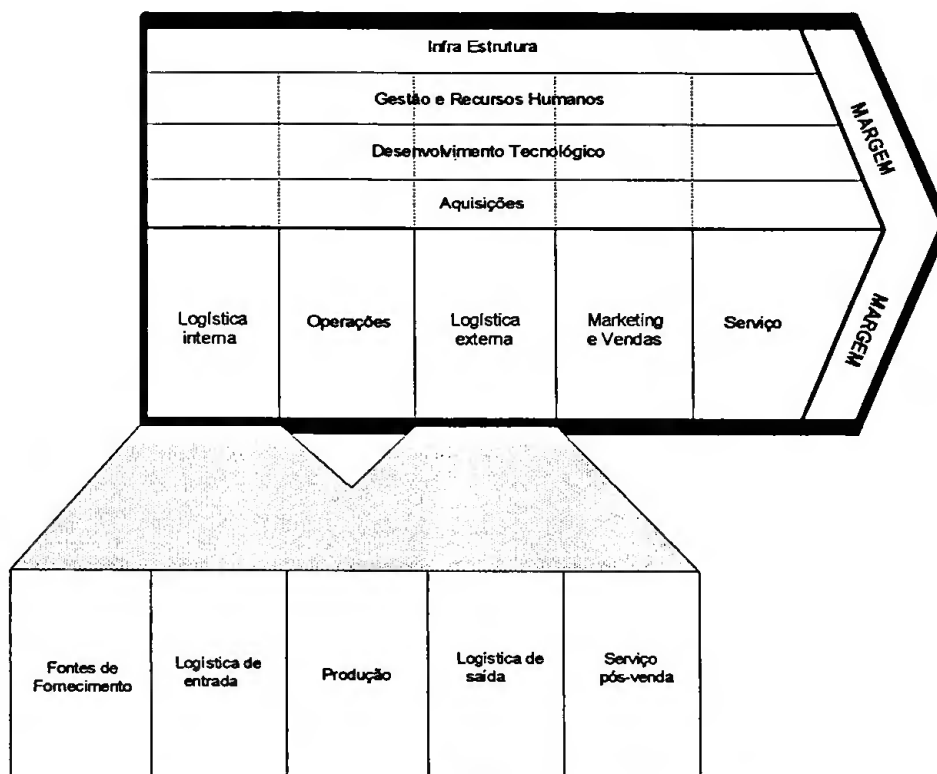


Figura 3.3 - Subdivisão de uma cadeia de valor genérica

Estes elos podem resultar em vantagem competitiva de duas formas: *optimização* e *coordenação*. Frequentemente reflectem compromissos entre diferentes actividades para obtenção do mesmo resultado final. A título de exemplo, um projecto de um produto mais caro, especificações de materiais mais rigorosas ou uma inspecção maior no trabalho em processo podem reduzir custos de serviço. A empresa deve otimizar os elos, reflectindo-os na sua estratégia por forma a obter vantagem competitiva.

A capacidade para coordenar estes elos de ligação reduz frequentemente o custo, ou aumenta a diferenciação. Isto implica que alcançar um destes objectivos não constitui apenas o resultado do esforço para reduzir o custo ou aperfeiçoar o desempenho, individualmente, em cada actividade de valor.

Os elos de ligação mais óbvios são aqueles entre *actividades de apoio* e *actividades primárias*. Por exemplo, o projecto do produto geralmente afecta o seu custo de fabrico. Os elos de ligação mais subtis são os que existem entre as *actividades primárias*. Por exemplo, a melhoria da manutenção em geral reduz os tempos de paragem das máquinas. Portanto, elos de ligação que envolvem actividades em diferentes categorias ou de tipos diferentes são normalmente os mais difíceis de se reconhecer. No entanto, elos de ligação entre actividades de valor surgem de uma série de causas genéricas, como são exemplos, *o melhoramento de custo ou desempenho de uma actividade directa, através de maiores esforços em actividades indirectas* - uma manutenção melhorada permite aumentar as tolerâncias obtidas pelas máquinas; *funções de garantia de qualidade podem ser desenhadas de formas diferentes* - a inspecção de entrada é um substituto da inspecção de produtos acabados.

Salientamos que dentro de cada categoria de *actividades primárias* e de *apoio*, existem três tipos de actividades que desempenham um papel diferente na vantagem competitiva: 1) *actividades directas* - são as que estão directamente envolvidas na criação de valor para o cliente, como montagem, fabrico de peças, publicidade, operação da equipa de vendas, projecto de produto, recrutamento, etc...; 2) *actividades indirectas* - são as que tornam possível a execução de actividades directas numa base contínua, como manutenção, programação, operação de instalações, gestão da equipa de vendas, administração de pesquisa e desenvolvimento, informações provenientes dos vendedores, etc...; e, finalmente, as 3) *actividades de garantia de qualidade* - são as que asseguram qualidade de outras actividades, como monitorização, inspecção, testes, revisão, verificação, ajustes e substituição.

Note-se que garantia de qualidade não é sinónimo de gestão de qualidade, uma vez que todas as actividades de valor contribuem para a qualidade.

A função das *actividades indirectas*, assim como as *actividades de garantia de qualidade*, frequentemente não são bem compreendidas. Na maior parte das indústrias, este tipo de actividade representa uma grande percentagem do custo, podendo, no entanto, desempenhar um papel significativo na diferenciação através do seu efeito sobre as actividades directas. Em geral existem compromissos entre

actividades directas e actividades indirectas - uma despesa maior com a manutenção reduz o custo das máquinas. Por outro lado as actividades indirectas também são, frequentemente, agrupadas em contas de encargos ou despesas indirectas, incobrando o seu custo, e a sua contribuição para a diferenciação.

Como já referimos, cada actividade genérica pode ser dividida em actividades distintas, conforme se ilustra na Figura 3.3. A subdivisão de actividades poderá ser feita até ao ponto onde elas se distinguem.

O grau apropriado de desagregação depende da economia das actividade e dos objectivos para os quais a cadeia de valor está a ser analisada. O princípio que serve de base para a separação e isolamento das actividades é: se (1) tiverem economias diferentes; (2) tiverem um impacto elevado em potencial de diferenciação; ou (3) representem uma proporção significativa ou crescente do custo.

No uso da cadeia de valor, são feitas desagregações sucessivas, cada vez mais estreitas, até que a análise permita observar diferenças importantes, para a vantagem competitiva.

2. VANTAGEM DE CUSTO

Uma empresa tem vantagem de custo quando o seu valor acumulado, resultante da execução de todas as actividades de valor, for mais baixo que o custo dos seus concorrentes. O valor estratégico da vantagem de custo está sustentado na capacidade de o manter. A vantagem de custo existe realmente, se for difícil imitar ou copiar as fontes de custo da empresa. A vantagem de custo conduz a um desempenho superior, caso a empresa consiga oferecê-lo a um nível aceitável, ao cliente, de modo que, a sua vantagem de custo não seja anulada pela necessidade de vender a preço inferior ao da concorrência.

O posicionamento relativo dos custos, de uma empresa, é função da composição da sua cadeia de valor em analogia à da concorrência, e da sua posição relativa segundo os indicadores que regulam os custos em cada actividade.

Os concorrentes têm cadeias de valor que podem ser semelhantes ou diferentes da cadeia de valor da empresa. Se a cadeia de valor de um concorrente for

diferente da cadeia de valor da empresa, a eficiência inerente às duas cadeias, determina a posição dos custos relativos. Normalmente as diferenças nas cadeias de valor envolvem apenas um subconjunto de actividades de valor e, assim, uma empresa pode isolar o efeito de diferentes cadeias sobre a posição dos custos relativos, através de uma comparação do custo destas actividades divergentes.

A posição dos custos relativos de uma empresa, em actividades de valor que são as mesmas da concorrência, depende da posição da empresa no que respeita aos condutores de custo destas actividades relativamente à concorrência. Uma empresa deve avaliar a posição dos custos relativos de actividades de valor comuns, uma por uma, e depois juntar ao custo relativo de diferentes actividades para a determinação do custo global.

As principais formas de uma empresa obter vantagem de custo são:

- Controlar os condutores de custo - a empresa pode obter vantagem no que respeita aos condutores dos custos de actividades de valor, representando uma percentagem significativa dos custos totais.
- Reconfigurar a cadeia de valor - a empresa pode adoptar uma maneira diferente e mais eficiente de projectar, produzir, distribuir ou comercializar o produto.

Estas duas fontes de vantagem de custo não são mutuamente exclusivas. Numa empresa sendo a sua cadeia de valor muito diferente das dos seus concorrentes terá algumas actividades comuns, e a posição dos custos relativos na mesma, poderá intensificar ou prejudicar a posição dos custos globais. As empresas que lideram o custo com sucesso, quase sempre obtêm a sua vantagem de custo com base em múltiplas fontes dentro da cadeia de valor. Uma vantagem de custo sustentável provém, não de uma actividade, mas de muitas, e a reconfiguração da cadeia de valor desempenha repetidamente um papel na criação da vantagem de custo. A liderança de custo exige *à priori* um exame de cada actividade da empresa, na procura de oportunidades para reduzir o custo, e a procura consistente em todas elas. A redução de custos pode eliminar ou não com a diferenciação. Todas as empresas devem procurar ao máximo a redução dos custos em actividades que não influenciem a diferenciação.

Uma vez que a empresa identificou a sua cadeia de valor e diagnosticou os condutores de custos de actividades de valor significativos, a vantagem de custo provém do controlo desses condutores de forma mais eficaz que a concorrência. As actividades que representem uma percentagem significativa ou crescente do custo oferecem o maior potencial para melhorar a posição dos custos relativos. Embora os condutores de custo variem com cada actividade, os exemplos abaixo ilustram sobre como o controlo de condutores de custo pode resultar numa vantagem competitiva:

Controlo de aprendizagem

- Lidar com a curva da aprendizagem;
- Manter a aprendizagem patenteada;
- Aprender com a concorrência.
(Benchmarking)

Controlo de escala

- Obter o tipo apropriado de escala;
- Estabelecer políticas para reforçar economias de escala em actividades sensíveis à escala;
- Explorar os tipos de economia de escala onde a empresa é favorecida;
- Realçar actividades de valor conduzidas por tipos de escala em que a empresa tenha uma vantagem.

Controlo do efeito da utilização da capacidade

- Nivelar a produtividade;
- Redução de problemas de flutuações na produtividade.

Controlo de integração

- Examinar sistematicamente possibilidade de integração e desintegração.

Controlo de elos

- Explorar elos de custo dentro da cadeia de valor;
- Trabalhar com fornecedores e canais para explorar elos verticais.

Controlo de inter-relações

- Compartilhar actividades apropriadas;
- Transferir know-how na manipulação de actividades similares.

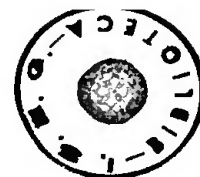
- | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Controlo de oportunidade | <ul style="list-style-type: none"> • Explorar vantagem do primeiro e último a mover-se; • Compras oportunas no ciclo económico. |
| Controlo de políticas discricionárias | <ul style="list-style-type: none"> • Modificar políticas dispendiosas que não contribuem para a diferenciação; • Investir em tecnologia por forma a tornar os condutores de custo a favor da empresa; • Evitar o supérfluo. |
| Controlo da localização | <ul style="list-style-type: none"> • Optimizar a localização. |
| Controlo de factores institucionais | <ul style="list-style-type: none"> • Não aceitar os factores institucionais como dados. |

As atitudes de aquisição têm um impacto potencialmente importante sobre a posição dos custos que reduzem actividades. Existem várias mudanças possíveis na aquisição que podem reduzir custos:

- Ajustar especificações dos materiais adquiridos para satisfazer as necessidades com maior precisão;
- Intensificar a influência da negociação através de política de compras;
- Seleccionar fornecedores adequados e controlar os seus custos.

As mudanças drásticas na posição dos custos relativos, geralmente decorrem da adopção, por parte da empresa, de uma cadeia de valor bastante diferente das dos seus concorrentes. A reconfiguração das cadeias de valor, podem advir de uma série de fontes, onde se inclui:

- um processo de produção diferente;
- alterações na automatização;
- vendas directas, em vez de indirectas;



- um novo canal de distribuição;
- uma nova matéria prima;
- grandes diferenças na integração vertical a montante e a jusante;
- mudança das instalações em relação aos fornecedores e aos clientes;
- novos meios de publicidade.

Um exemplo bastante elucidativo de estratégias baseadas na reconfiguração da cadeia de valor são as linhas aéreas especializadas em viagens de grupos (voos "charter") como a People Express e a Southwest Airlines (Porter, 1985). Elas adoptaram cadeias que diferem acentuadamente das companhias aéreas principais, como mostra a Figura 3.4.

| | OPERAÇÕES NO Balcão de Bilhetes | OPERAÇÕES NA Porta de Embarque | OPERAÇÕES DAS AERONAVES | Serviço de Bordo | Manuseio de Bagagem | Escritórios de Passagens |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| <i>Linhas aéreas principais</i> | Serviço completo. | Serviço completo. | Comprar aviões novos; Pilotos sindicalizados. | Serviço completo. | Verificação gratuita da bagagem. | Escritórios de passagens no centro da cidade. |
| <i>Linhas aéreas "charter"</i> | Terminais e aeroportos secundários; Sem balcão de bilhetes(ou apenas check-in); Compra de bilhetes a bordo da aeronave ou em máquinas; Sem bilhete entre linhas; Poucas opções de tarifas. | Terminais e aeroportos secundários; Primeiro a chegar, primeiro a escolher o lugar; Sem verificação de bilhetes na porta de embarque. | Aviões usados; Alta densidade de lugares; Pilotos não sindicalizados; Tripulações menores e um maior número de horas de voo por dia. | Hospedeiras não sindicalizadas; Lanche apenas ou sem refeição; Taxa por bebidas ou refeições servidas. | Fornecem espaço para bagagem; Taxa de bagagem verificada; Sem bagagem entre linhas. | Nenhum. |

Figura 3.4 - Cadeias de valor alternativas em companhias aéreas

A reconfiguração da cadeia de valor pode resultar numa vantagem de custo por dois motivos. Em primeiro lugar, a reconfiguração apresenta normalmente a oportunidade para uma reestruturação fundamental do custo da empresa, quando comparada com a solução de se fazer aperfeiçoamentos sucessivos. A nova cadeia

de valor pode provar ser mais eficaz que a anterior. O sucesso das linhas aéreas “charter” ilustra bem como a adopção de uma cadeia de valor diferente mais barata pode permitir que a empresa estabeleça um novo padrão de custos para uma indústria.

Em segundo lugar uma cadeia de valor alternativa pode resultar em vantagem de custo se alterar a base da concorrência, de maneira que favoreça os pontos fortes da empresa. A reconfiguração da empresa pode modificar os condutores de custos importantes de forma que favoreça a empresa. A execução de uma actividade, de maneira diferente, pode mudar a sua susceptibilidade a economias de escala, a inter-relações, a efeitos de localização e virtualmente a todos os outros condutores dos custos. Por exemplo, e ainda no caso das linhas aéreas “charter”, a nova cadeia de valor é menos sensível à escala do que a antiga, devido à redução nas actividades indirectas.

Fusões e outros acordos entre empresas permitem por vezes às mesmas reconfigurar a cadeia de valor, mesmo que o não possam fazer independentemente. Por exemplo, a Allied Chemigal e a Church & Dwight elaboraram um acordo para a troca de matérias primas idênticas produzidas em locais diferentes, tendo como objectivo principal economia no custos de transporte (Porter, 1985).

A vantagem de custo só resulta num aumento da eficácia acima da média se a empresa a conseguir sustentar. A vantagem de custo é sustentável se houver barreiras à entrada ou de mobilidade que impeça os concorrentes de imitar as fontes de sustentabilidade da empresa. A sustentabilidade da vantagem competitiva provém, não apenas das fontes da vantagem de custo, mas também do seu número.

3. DIFERENCIAÇÃO

Uma empresa diferencia-se da concorrência quando oferece algo de singular valioso para o cliente, além de simplesmente oferecer um preço baixo. A diferenciação permite à empresa pedir um preço-superior (premium-price), vender um maior volume do seu produto ou obter benefícios equivalentes, como obter uma maior

lealdade do cliente durante os períodos de recessão ou de quedas cíclicas ou sazonais do negócio. A diferenciação permite um aumento do desempenho se o preço-prémio alcançado ultrapassar qualquer custo adicionado do facto de obter singularidade.

A diferenciação não pode ser compreendida se a empresa for considerada como um todo, pois ela resulta das actividades específicas da empresa e do modo como afectam o cliente. Virtualmente, qualquer actividade de valor constitui uma fonte potencial de singularidade. Por exemplo, a Heineken dedica atenção especial à qualidade e à pureza dos ingredientes da sua cerveja além de usar uma qualidade constante de levedura. De modo semelhante, a Steinway emprega técnicos especializados na selecção dos melhores materiais para os seus pianos, e a Michelin é mais selectiva que os seus concorrentes relativamente às classes de borracha que utiliza nos seus pneus (Porter, 1985).

Outras empresas de sucesso, criaram particularidades através de outras *actividades primárias* e de *apoio*. Actividades de desenvolvimento de tecnologia podem resultar em projectos de produtos com desempenho singular de produto, como a Cray Research fez no campo dos computadores (Porter, 1985). O sistema de logística externa pode aumentar a velocidade e a consistência de entregas. Por exemplo, a Federal Express estabeleceu um sistema logístico integrado, que utiliza o seu centro em Memphis, que produz um nível de fiabilidade excepcional de entrega de encomendas pequenas. A Figura 3.5 mostra a forma como cada actividade, na cadeia de valor, pode dar uma contribuição potencial para a diferenciação. Mesmo que o produto seja uma mercadoria de primeira necessidade, outras actividades podem, em geral, resultar numa grande diferenciação. De modo semelhante, *actividades indirectas*, como a manutenção ou programação, podem contribuir para a diferenciação do mesmo modo que as actividades directas como o processamento de pedidos ou montagem. Por exemplo, uma construção isenta de poeiras e fumo pode melhorar muito os índices de defeitos no fabrico de semi condutores.

A diferenciação também pode ser oriunda de outras formas. Os canais de distribuição da empresa podem constituir uma fonte potencial de diferenciação, podendo inclusivamente melhorar a sua reputação, serviço e formação de clientes etc. No ramo dos refrigerantes, por exemplo, os engarrafadores independentes são cruciais para a

diferenciação. A Coca-Cola e a Pepsi-Cola dedicaram uma atenção particular e usaram enormes verbas para melhorar os engarrafadores e a sua eficácia. A distribuição selectiva através de pontos de venda bem escolhidos também demonstrou uma fonte extremamente importante para empresas como a Estée Lauder e Hathaway (Porter, 1985).

As empresas confundem, muitas vezes, o conceito de qualidade com o de diferenciação. Embora ela envolva qualidade, a diferenciação é um conceito muito mais amplo. A qualidade normalmente está associada ao produto físico, a diferenciação está associada à criação de valor para o cliente por toda a cadeia de valor.

A particularidade de uma empresa numa actividade de valor é determinada por uma série de condutores básicos, análogos aos condutores de custos descritos no ponto 2. Estes condutores são as razões subjacentes pelas quais uma actividade é singular. Sem os identificar, a empresa não pode desenvolver meios para a criação de novas formas de diferenciação, ou para diagnosticar o grau da capacidade de sustentar a diferenciação existente.

Os principais condutores para a diferenciação são:

Escolha de políticas

- São exemplo de algumas políticas:
 - ◊ Desempenho e características oferecidos no produto;
 - ◊ Serviços fornecidos (ex: concessão de crédito, entrega ou reparação);
 - ◊ Intensidade de uma actividade adoptada (ex: investimento em publicidade);
 - ◊ Conteúdo de uma actividade (ex: informações fornecidas no processamento de pedidos);
 - ◊ Tecnologia empregue na execução de uma actividade (ex: precisão das máquinas, computadorização de processamento de pedidos);
 - ◊ Qualidade dos produtos adquiridos para uma actividade;
 - ◊ Especialização e nível de experiência do pessoal que trabalha numa actividade;
 - ◊ Informação utilizada para controlar uma actividade;

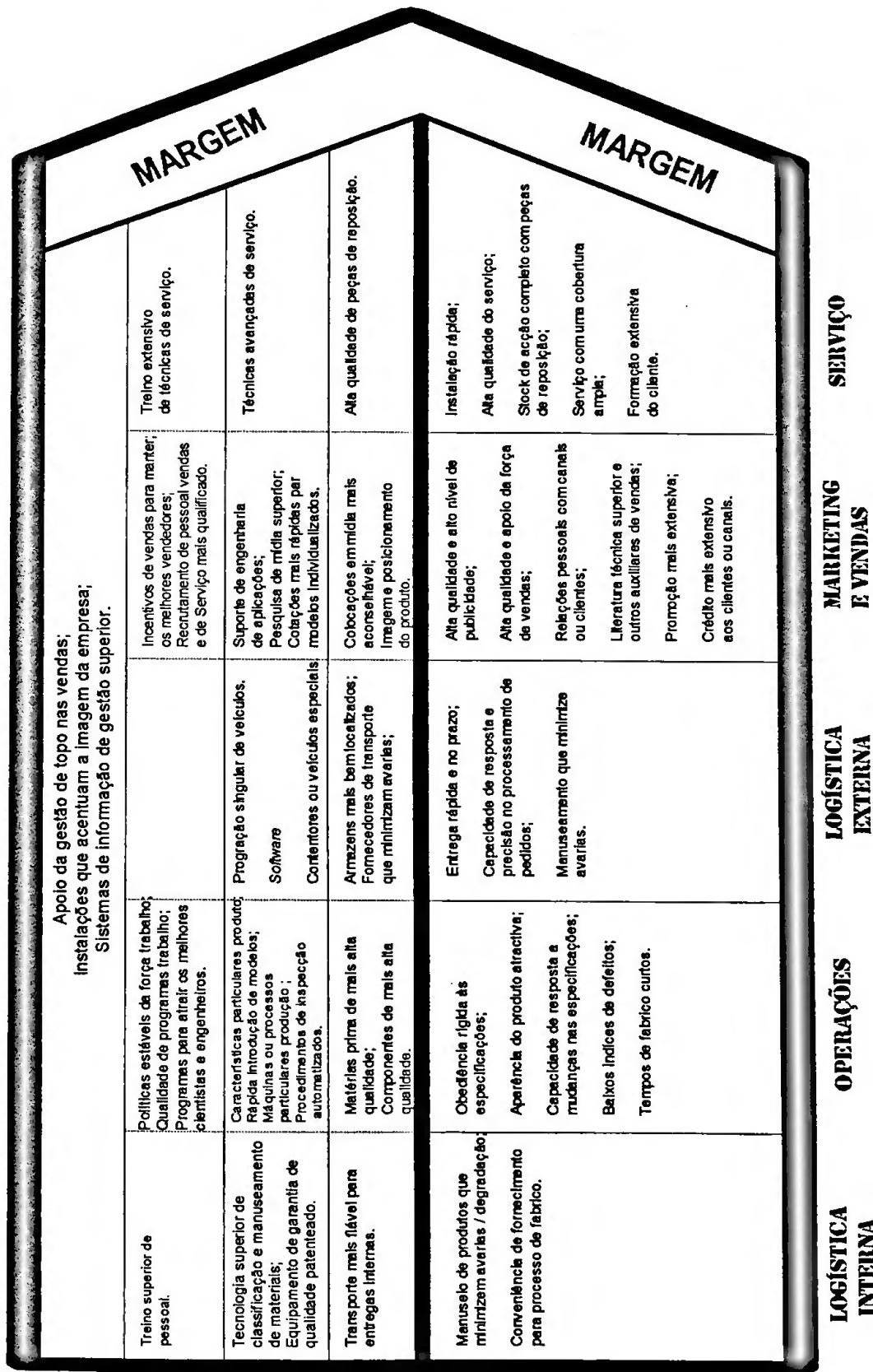


Figura 3.5 - Fontes representativas de diferenciação na cadeia de valor

- Elos**
- Elos dentro da cadeia de valor ⇒ A satisfação das necessidades do cliente quase sempre envolve a coordenação de actividades ligadas. Por exemplo, o tempo de entrega frequentemente é determinado não apenas pela logística externa mas também pela rapidez do processamento do pedido e pela frequência de visitas dos vendedores para obter encomendas.
 - Elos com fornecedores ⇒ Uma relação estreita com fornecedores pode reduzir o tempo de desenvolvimento de um novo modelo se os fornecedores colaborarem na produção de peças novas, simultaneamente com a empresa, na fase final do projecto para o fabrico do novo produto.
 - Elos com canais ⇒ Os elos com canais também podem resultar de várias formas de singularidade, através de uma coordenação de actividades ou de uma optimização conjunta da divisão das mesmas. Tem-se como exemplo:
 - ◊ Treinar canais de distribuição nas vendas e outras práticas comerciais;
 - ◊ Esforços de vendas conjuntas com canais;
 - ◊ Subsidiar investimentos dos canais em pessoal, instalações e na execução de actividades adicionais.
- Oportunidade**
- A particularidade pode resultar do momento em que a empresa começa a executar uma actividade. Por exemplo, a aprovação da regulamentação antecipada para as lentes de contacto gelatinosas deu à Bausch & Lomb a sua diferenciação (Porter, 1985).
- Localização**
- Temos o exemplo da localização dos bancos e caixas automáticas.
- Inter-relações**
- A particularidade de uma actividade pode resultar de compartilha com unidades empresariais irmãs. Compartilhar uma força de vendas de seguros e em outros produtos financeiros, pode permitir que o vendedor ofereça ao cliente um melhor serviço.
- Aprendizagem patenteada**
- Alcançar uma qualidade consistente num processo de fabrico pode ser, por exemplo, conduzido pela aprendizagem. Resultado da aprendizagem como executá-lo da melhor forma.

Integração

- A integração em novas actividades de valor pode tornar uma empresa particular pois que ela fica em melhores condições de controlar o desempenho das actividades ou coordená-las com outras. Por outro lado, a integração também pode fazer com que um maior número de actividades constitua fontes de diferenciação. Por exemplo, ligando hospitais ao seu sistema de computadores e permitindo pedidos em linha, a American Hospital Supply elimina a necessidade de algumas actividades dos clientes diferenciando-se, assim, dos seus concorrentes. Por vezes a integração também facilita a obtenção de elos com fornecedores e com canais de distribuição.

Escala

- Uma escala bastante grande pode permitir que determinada actividade seja executada de uma forma singular, impossível para um volume menor. Por exemplo, a Hertz baseia a sua diferenciação no número de lojas de aluguer e serviço, o que lhe permite flexibilizar o seu serviço e facilitar a entrega do veículo (Porter, 1985).

Factores institucionais

- Por exemplo, um bom relacionamento com o sindicato da empresa pode permitir que se estabeleçam definições particulares nas tarefas dos trabalhadores.

Os condutores de diferenciação variam para cada actividade e podem variar entre indústrias, dentro da mesma actividade. Estes condutores interagem para determinar até que ponto determinada actividade é particular. Cada empresa deve examinar cada uma das suas áreas de diferenciação, para verificar que condutor ou condutores a fundamentam. A identificação destes condutores será crítica uma vez que uns oferecem maior capacidade de sustentar esta vantagem que outros.

O custo da singularidade reflecte os condutores de custos das *actividades de valor* em que a actividade singular se baseia. A relação entre condutores de custo e singularidade assume duas formas relacionadas;

- 1) O que torna uma actividade singular (condutores de singularidade) pode afectar os condutores de custos;
- 2) Os condutores de custos podem afectar o custo de se ser singular.

A singularidade resultante não corresponde a diferenciação, a menos que crie valor para o cliente. A empresa cria valor para o cliente, fundamentalmente por dois mecanismos: (1) Redução do custo do comprador; e (2) Aumento do desempenho do cliente. Se a empresa tem condições de reduzir o custo do seu cliente ou aumentar-lhe o desempenho, este está disposto a pagar um preço-superior. Por exemplo, o facto da fotocopiadora Kodak Ektaprint reduzir o custo do conjunto de documentos acabado através de um alimentador de documentos recirculante e um agrafador automático em linha, e que reduz o custo de pessoal do cliente, significando que este estará disposto a pagar um preço-superior pela fotocopiadora. Por outro lado, a melhor qualidade de imagem de uma televisão resulta numa maior satisfação do cliente em relação a outra marca concorrente, pelo que está disposto a pagar um preço-superior. De modo semelhante, um hospital valoriza um equipamento de diagnóstico que lhe permita uma maior precisão de resultado e, conseqüentemente, um tratamento mais adequado.

Sustentar a diferenciação depende do valor percebido pelo cliente e da falta de imitação por parte dos concorrentes. Está sempre presente o risco de alteração nas necessidades dos clientes, eliminando o valor de uma forma particular de diferenciação. Para ser sustentável a diferenciação deve estar suportada por fontes onde existam barreiras à mobilidade dos seus concorrentes. Os condutores de diferenciação, como já foi referido anteriormente, tem capacidade de sustentar a diferenciação variável, podendo também o custo de diferenciação variar entre concorrentes, afectando a sustentabilidade da vantagem competitiva. Existem condições que permitem sustentar esta vantagem de forma mais eficaz, que são: as fontes de singularidade da empresa envolvam barreiras a concorrentes; a empresa tenha vantagem de custo com a diferenciação; a empresa tenha várias fontes de diferenciação; e, a empresa cria custos de mudança ao mesmo tempo que se diferencia.

Resumo:

Este capítulo faz uso da cadeia de valor de Porter (1985) para a identificação das duas estratégias genéricas globais - *Vantagem de custo* e *Diferenciação*. Por outro lado servimo-nos delas para fazer a desagregação das *actividades primárias* - *Logística Interna* e *Logística Externa*, conforme se ilustra na Figura 3.3, nas suas sub actividades de acordo com o seu impacto em potencial de diferenciação e/ou proporção significativa ou crescente dos custos.

O objectivo principal deste capítulo foi introduzir o conceito da *cadeia de fornecimento logística*, que é discutida nos capítulos seguintes.

CAPÍTULO IV

A EVOLUÇÃO DA LOGÍSTICA E O SEU SIGNIFICADO

Este capítulo desenvolve o conceito de logística e explica como os factores externos: infra estrutura política/legal; explosão tecnológica; mudança estrutural no comércio internacional e na economia mundial; e a globalização tiveram impacto na relevância da logística na prática do negócio.

1. HISTÓRIA DO CONCEITO DE LOGÍSTICA

Cada vez mais os gestores estão cientes que a melhoria da competência logística pode manter clientes importantes. Logística era um termo considerado calão, que foi utilizado para integrar o conjunto de uma série de actividades básicas do negócio (preparação de encomendas, compra de materiais, etc.). A primeira pessoa a dar uma definição compreensiva de logística foi o Dr. E. Grosvenor Plowman, tendo como suporte a lógica grega, e um exame cuidadoso da história militar. Logística segundo os gregos era “a ciência da racionalização correcta baseada na matemática”. A primeira utilização da palavra logística, no seu âmbito actual, foi no meio militar, onde era empregue para identificar o processo de coordenar o planeamento e implantação de pessoal, fornecedores, produtos e estratégias de suporte ao armamento (Creveland, 1985). O Dr. Plowman via a logística como a combinação da missão militar e da precisão da lógica grega adaptada à empresa comercial. Via a logística como a gestão integrada de: (1) a pré-produção ou factores de entrada para o negócio; e (2) a pós-produção ou factores de saída. O objectivo da logística no negócio, era entendido pelo Dr. Plowman como sendo “a realização da coordenação óptima do movimento dos materiais de entrada, armazenamento de matérias primas, manuseamento do trabalho em curso, e embalagem à saída, armazenamento e movimento de produtos acabados” (Plowman, 1964).

O principal feito do Dr. Plowman foi o seu contributo pioneiro desta visão que tinha da logística como um processo flexível que se expande ao longo de toda a

cadeia de valor, desde a origem do material até ao envio do produto final ao cliente. Esta visão, parecendo extremamente simples, não foi uma prática corrente na gestão até aos anos oitenta.

Em 1963, o *National Council of Physical Distribution Management*, a organização antecessora do *Council of Logistics Management*, foi fundado para encorajar o desenvolvimento da logística. Durante os primeiros encontros do *Council*, o uso potencial do termo logística foi rejeitado pelos executivos nos negócios devido à sua conotação predominantemente militar. Foi só em 1984, que o *Council* adoptou oficialmente o termo logística na revisão do seu nome. O *Council* definiu então logística como:

“ o processo de planeamento, implantação e controlo activo, custo efectivo do fluxo e depósito de matérias primas, inventário ao longo da linha produção, produtos acabados e informação relacionada, desde o ponto de origem até ao ponto de consumo, com o propósito de estar de acordo com os requisitos do cliente.” (Council of Logistics Management, 1984)

O contributo da logística para a realização dos objectivos das empresas comerciais é baseado em duas proposições: (1) gestão integrada de todas as actividades relacionadas com inventários por forma à obtenção de objectivos operacionais ao mais baixo custo; e (2) o uso proactivo da competência logística para ajudar a obter a satisfação do cliente.

As actividades adequadas que deverão ser integradas no processo logístico diferem entre si, dependendo esta diferença do tipo de negócio de cada empresa, por exemplo, se é um fabricante, retalhista ou grossista. Por outro lado, e aumentando a complexidade do processo, este facto não implica que a gestão de actividades específicas entre duas empresas concorrentes directas possam ter organizações logísticas baseadas em condições diferentes. A forma como as actividades são geridas é de longe mais significativa que o número de funções envolvidas nesse processo (Copacino, 1994; Christopher, 1994; Arnott, 1994; Hill, 1994; Muller, 1994; Richardson, 1994; Wood, 1993; Copacino, 1993; Allred, 1993;

Fuller, O Conner e Rawlinson, 1993; Scully e Fawcett, 1993; Armistrad e Mapes, 1993; Richardson e Trunik, 1992.).

A Tabela 4.1. mostra uma lista de funções do negócio tipicamente envolvidas na logística de fabricantes, retalhistas e grossistas.

| Função | Fabricante | Retalhista Grossista |
|--------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|
| Transporte de saída | X | X |
| Administração logística | X | X |
| Transporte intra-empresa | X | X |
| Armazenamento de produtos acabados | X | X |
| Sistemas de planeamento logístico | X | X |
| Processamento de encomendas | X | X |
| Serviço a clientes | X | X |
| Gestão de inventário de produtos acabados | X | X |
| Transporte de entrada | X | X |
| Logística/desenho de produto | X | X |
| Manuseamento de materiais | - | X |
| Planeamento de produção | X | - |
| Fontes/Compras | X | X |
| Matérias primas/ Inventário em curso produtivo | X | - |
| Previsões de vendas | X | X |
| Logística internacional | X | X |
| Aquisição de equipamentos fundamentais | - | X |
| Processamento de dados para aplicações de distribuição | - | X |

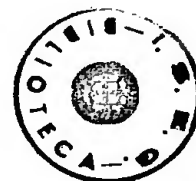
Tabela 4.1 - Funções do negócio tipicamente envolvidas na logística de fabricantes, retalhistas e grossistas

2. IMPACTO DOS FACTORES EXTERNOS NA LOGÍSTICA

A mudança que se prevê até ao final do século será tão rápida quanto a expansão e experiência do conhecimento humano durante a década de noventa. Se é verdade que o conhecimento humano quadruplicou durante os anos oitenta e noventa, como será que os profissionais da logística enfrentam as mudanças vindouras? Que áreas da gestão logística serão mais afectadas?

Múltiplos factores externos têm tido um grande impacto na prática do negócio, focando-se aqui os de maior relevância na prática da logística. A infra

estrutura política/legal, a explosão tecnológica, mudanças no negócio e na economia e a globalização do negócio estão entre as forças que mais significativamente estimulam mudanças na gestão logística.



2.1. A INFRA ESTRUTURA POLÍTICA/LEGAL

Nos E.U.A., por exemplo, no fim dos anos setenta e durante os anos oitenta, as administrações Carter e Reagan criaram alterações profundas na filosofia de regulamentação. O efeito da liberalização, nos E.U.A., permitiram que forças competitivas do mercado livre fossem restauradas, particularmente nas indústrias de serviços, como são exemplo a dos transportes e a das comunicações (Michigan University, 1991). Regulamentação semelhante também ocorreu no Canadá. Esta renovação do maior sector da economia norte americana estabeleceu as condições necessárias para que os gestores criassem funções logísticas integradas, que nada têm ver com as anteriores.

A realidade da competição global determinou o início da liberalização nos negócios norte americanos, removendo as barreiras que se lhe levantavam. Transportes e comunicações foram as indústrias mais regulamentadas e protegidas durante a maior parte do século XX.

O efeito da liberalização foi sentido em todo o Mundo. No Canadá, incidiu mais, na camionagem permitindo o aumento da concorrência nos caminhos de ferro e serviço de fretes aéreos abrindo novas possibilidades para a gestão dos problemas geográficos de transporte de longas distâncias. O afrouxar das barreiras e restrições comerciais entre os E.U.A. e o Canadá foi estimulador para o desenvolvimento económico nos dois países, uma vez que as oportunidades surgidas permitiram aperfeiçoar as suas posições competitivas, através de estratégias logísticas, o que não se verificava anteriormente.

Todos os países da União Europeia têm intervindo na estrutura do mercado de forma semelhante. O ano de 1992 fez cair uma série de barreiras comerciais, criando-se com a padronização da regulamentação uma economia verdadeiramente europeia. Apesar de cada nação membro da UE ser,

nominalmente, um cliente deste mercado, existem, contudo, muitas barreiras restritivas nas áreas de consumo e práticas de comércio industrial, padrões técnicos, taxas cambiais, leis de inspeção e outras políticas comerciais. Através de uma negociação intra-comunidade cuidada e detalhada, será possível, por exemplo, para uma empresa de telecomunicações italiana vender telefones a preços competitivos em Portugal, Espanha ou Inglaterra.

Fabricantes estrangeiros, especialmente aqueles que já operam na Europa, são capazes de fabricar e vender em mercados mais homogêneos, não sendo já necessário que os fabricantes longínquos tenham de produzir em diferentes padrões técnicos, e ter procedimentos de embalagem e envio de forma diferente para cada um dos países importadores (Wood, 1993; Ohmae, 1995).

As formas de desregulamentação ocorrem também noutras nações do Pacífico e na Austrália. A criação de grandes oportunidades para a logística surgiram num ambiente político-legal mais permissivo, passando a partir daí, a ser uma regra determinante nas práticas competitivas.

2.2. EXPLOSÃO TECNOLÓGICA

Por um preço "*n*" vezes menor, é hoje possível comprar um computador mais rápido e mais poderoso do que o que foi utilizado para controlar as missões da Apollo XI à Lua, nos anos setenta. O processamento de dados é sem sombra de dúvida um elemento determinante nas práticas do negócio. O baixo custo do *hardware* permite o suporte computadorizado para a integração do processo logístico na cadeia de valor da empresa.

O impacto da tecnologia informática na prática da logística tem um alcance enorme. Há algum tempo atrás as tarefas como a programação e as rotas dos camiões eram bastante complexas. Hoje são simplesmente geridas num computador de secretária. A determinação do custo mínimo, aproximado, para a obtenção do desempenho desejado pelo cliente pode ser obtido por simulação de sistemas logísticos (Pritsker, Sigal e Hammesfahr, 1989). Aplicações de *software* baseadas no conhecimento estão a expandir as fronteiras da informação logística.

Hoje é possível introduzir em computador o conhecimento dos especialistas da logística e combiná-lo com informação comum por forma a sintetizar novas estratégias alternativas. Pela primeira vez, existe o potencial para criar verdadeiramente uma linha de transição no processamento de sistemas. Alguns sistemas têm a capacidade para ligar e controlar todo o processo logístico desde a aquisição de materiais até ao envio do produto final para os clientes. O desenvolvimento de redes e Bases de Dados proporcionam um crescimento dos sistemas integrados, aplicações de distribuição e processamento de informação "on-line" à informação de todo o Mundo, por intermédio da combinação de meios magnéticos e ópticos com a tecnologia da comunicação via satélite, o que seria impensável a alguns anos atrás, e ainda a um custo insignificante. Hoje, qualquer sistema está a ser desenhado modularmente por forma a integrar e controlar as diferentes funções, ao longo do processo logístico. A capacidade da computadorização já existe - é apenas a imaginação humana e o tempo de desenvolvimento que limita a sua disponibilidade.

Outros tipos de sistemas disponíveis, como os sistemas de códigos de barras, são melhorados e combinados com transmissão e comunicação de dados por forma a obter controlo logístico. Por outro lado, com a possibilidade de comunicação via satélite, por exemplo, nos camiões e combóios, um armador ou um transportador estará em condições de posicionar exactamente uma embalagem individual, em qualquer altura, através de todo o canal logístico. Através da infraestrutura de serviço, transportadores, armazéns e fornecedores de serviços especiais, estão a implementar sistemas de controlo bastante positivos. Em muitas situações, os veículos de transporte estão equipados com computadores de bordo e com dispositivos de transmissão. Chegou a idade da informação para a logística no comércio internacional.

2.3. MUDANÇA ESTRUTURAL NO COMÉRCIO INTERNACIONAL E NA ECONOMIA MUNDIAL

Os anos oitenta constituíram uma década de mudanças significativas tanto na estrutura do comércio internacional como na concentração dos mercados.

O comércio internacional sofreu uma série de fusões de grande amplitude. Como resultado, sobreviveram as empresas, de tamanho médio, que tiveram o cuidado de não se tornarem nem muito grandes nem muito pequenas. O movimento em direcção a grandes mercados simulou duas estratégias diametralmente opostas, na gestão logística (Universidade de Michigan, 1991; Dicer, 1987).

Por um lado, criou-se um potencial para operações logísticas sinérgicas através da aquisição de unidades de negócio mais recentes. Em contraste directo, muitos gestores desejaram manter de fora opções, mantendo cada unidade logística de negócio auto suficiente. Cada uma destas estratégias, *per si*, estimularam interesse na competência logística.

A reestruturação do negócio forçou a importância da logística a ser observada de outra forma. A vontade de implementar organizações lineares num esforço de conseguir aumentar a flexibilidade e de reduzir o custo, forçou a delegação da autoridade descer na hierarquia piramidal da empresa até junto do cliente, tendo como resultado o aumento da qualidade do serviço ao cliente.

A simplicidade organizacional ou linearidade da empresa estimulou também o *"outsourcing"*. As empresas mais dinâmicas dos finais dos anos oitenta caracterizaram-se pela flexibilidade. Estavam aptas para direccionar os seus activos em áreas que dominavam por excelência e deixar as outras áreas intermédias, que não são da sua especialidade, para outras empresas que as exerciam especificamente. A tendência era cada vez maior para o desenvolvimento de alianças estratégicas entre compradores e fornecedores, chave de serviços e materiais.

Ao mesmo tempo estas empresas reestruturaram-se e repensam as suas estratégias logísticas, evidenciando uma concentração cada vez maior nos mercados. Esta tendência para a concentração estimula a segmentação estratégica, por produtos e serviços. A resposta da logística, neste âmbito caracterizou-se pelo desenvolvimento da capacidade de distribuição, suportando as estratégias de *marketing* de segmentação, ou nichos de mercado. A procura de um serviço de nível elevado pelo serviço a cliente estimulou o desenvolvimento da avaliação exacta do desempenho logístico.

O efeito combinado da mudança estrutural constituiu uma alteração dramática no campo de acção da logística. A razão fundamental, para estas alterações, deve-se ao facto de existir, hoje, novos requisitos na procura (ou nos seus hábitos) levando as empresas a grandes esforços. A longo prazo, estas mudanças estruturais e revolucionárias, podem provocar uma revisão significativa no que constitui a última estrutura organizacional logística.

2.4. GLOBALIZAÇÃO

O emergir de grandes multinacionais como intervenientes poderosos no negócio internacional tem dominado nos últimos anos a actividade económica. A entrada de novas empresas em novos mercados, geograficamente distintos dos actuais, tem constituído um factor crítico de sucesso, graças à excelente gestão logística posta à disposição dessas empresas.

Os custos logísticos constituem a maior percentagem dos rendimentos das empresas. A complexidade das tarefas, o aumento do *lead-time*, um único mercado de produtos, os requisitos de serviço e os factores ambientais no negócio internacional, constituem um desafio ao custo verificado nas operações logísticas internacionais. Conseguir sucesso em qualquer clima requer a criação e a gestão de uma rede logística intrincada num relacionamento interactivo. A expansão da estratégia logística num espaço internacional é um compromisso predominantemente de longo prazo.

Na área produtiva, os E.U.A. estiveram atentos ao seu próprio posicionamento como um concorrente global. As suas estratégias produtivas foram redefinidas para conseguir atingir a excelência tecnológica, tendo-se verificado avanços significativos na dependência logística.

As estratégias produtivas *time-based* (estratégias em que se reduz o tempo necessário para desenvolver o processo do negócio) dão ênfase à velocidade e flexibilidade no processo ou alterações no modelo/produto. Estas estratégias são tipicamente chamadas *market-paced* (estratégias em que as orientações produtivas são em função da procura e como tal obrigam a uma

produção flexível. Também são designadas de estratégias *time-based*), condutores de procura ou produção flexível. Esta estratégia de *neo-jobshop* (estratégias de produção descontínua e que trata de quantidades relativamente baixas de numerosos e variados produtos, realizados a partir de um parque de máquinas vocacionado para a generalização) tende a sacrificar o baixo custo unitário por unidade em favor da redução do tempo total que decorre desde o fabrico do produto ao envio para o cliente. Enquanto qualquer estratégia *time-based* tem potencial para reduzir drasticamente o *stock* de produtos acabados e permitir resposta rápida e competitiva, o envio e a distribuição de pequenas quantidades de produtos e a fiabilidade nas aquisições *just in time* (comprar apenas o que é necessário, quando se torna necessário) aumentam a importância da logística.

As estratégias produtivas dão particular atenção à utilização de tecnologia de ponta para conseguir maximizar economias de escala. Estas estratégias têm por objectivo conseguir o menor custo unitário, mas requer um acordo antecipado da produção e da logística que garanta que a procura é assegurada.

Para se definir, quer as estratégias flexíveis como as estratégias produtivas, é necessário estar na posse de um suporte logístico perfeito. Cada uma destas estratégias pressupõe a utilização de técnicas de aquisição *just-in-time*, para se obter uma eficiência máxima.

Enquanto as estratégias flexíveis preconizam a redução de um *stock* antecipado, aumentando a exigência de uma resposta rápida na capacidade de envio para os clientes, as estratégias direccionadas pressupõem o inverso no que respeita à logística exterior. São necessárias grandes quantidades de inventário para poder antecipar procura futura. A excelência produtiva não se encontra necessariamente só na fábrica, porque o que os clientes apreciam é o prazo de entrega das mercadorias, e não os períodos de paragem da produção.

Os grossistas e retalhistas não estão alheios ao impacto da globalização. O grau de participação de cada grossista e retalhista no fornecimento *off-shore* (fornecimento por parte de uma empresa que não está sujeita a regulamentação do país em que opera, principalmente no que toca à protecção aos investimentos e à tributação fiscal) flutua com o valor do câmbio da moeda de compra. No entanto, o

compromisso da preparação do fornecimento *off-shore* não é tratável em alterações de curto prazo.

A intensidade da competição global forçou a atenção colectiva para o desenvolvimento da competência logística. O impacto combinado da desregulamentação, tecnologia, concentração e globalidade foi de importância crescente no desenvolvimento do planeamento do processo logístico.

3. SATISFAÇÃO DO CLIENTE E QUALIDADE LOGÍSTICA

A característica dominante das empresas de sucesso, no ambiente competitivo no fim dos anos oitenta, é o grau com que fizeram incidir a orientação do seu produto na procura da satisfação dos seus clientes. Algumas empresas criaram um compromisso incondicional com o TQC - *Total Quality Control* - através das suas operações. Porque a logística é orientada por acontecimentos, qualidade e satisfação do cliente tornou-se numa única característica. O único desempenho satisfatório da logística é aquele que se traduz pelo envio de produtos ou prestação de serviços onde, quando e como o cliente desejar.

No ponto de vista dos clientes, cada encomenda é um acontecimento único que deve ser enviado de acordo com as especificações da venda. O reconhecimento da qualidade logística, na opinião do cliente é BOA ou MÁ, isto é ou o satisfaz ou não o satisfaz. Se a encomenda chegar antecipadamente, o resultado será a satisfação do cliente. De outra forma, se a encomenda chegar atrasada, danificada ou constar que é inferior à quantidade encomendada, o resultado será a insatisfação. O conceito de qualidade na logística é complexo, porque envolve a harmonia de uma larga variedade de acontecimentos independentes, através de uma área geográfica vasta. A qualidade logística não é tão simples como uma medida da percentagem de defeitos e re arranques. Na sua essência, qualidade logística representa o culminar de todas as actividades que ocorrem durante o processo logístico de acrescentar valor. No mundo competitivo actual, as expectativas dos clientes são a obtenção de zero erros, defeito zero e alcançar níveis de desempenho elevados no tempo de envio. Estas expectativas

aumentaram nos anos noventa onde os clientes procuram maior rapidez e flexibilidade.

As empresas de excelência logística têm uma visão clara do tipo de serviço e níveis de desempenho que criam valor para os clientes. Estas empresas também têm um manuseamento muito bom dos custos associados à criação deste valor. É a capacidade de satisfazer consistentemente as necessidades do cliente que distingue, actualmente, uma empresa no mercado.

Resumo:

Este capítulo desenvolve o conceito de logística. Explica ainda como os factores externos: infra estrutura política/legal; explosão tecnológica; mudança estrutural no comércio internacional e na economia mundial; e a globalização tiveram impacto na relevância da logística na prática do negócio, tal como ele se nos depara actualmente.

Este capítulo tem por objectivo servir de plataforma para a identificação das estratégias logísticas, suportadas pela análise da cadeia de fornecimento logística, no próximo capítulo.

CAPÍTULO V

A CADEIA DE FORNECIMENTO LOGÍSTICA

Este capítulo descreve a logística como um factor competitivo e determinante nas estratégias produtivas. Neste sentido, foi analisado o fluxo integrado de materiais e informação, e a maneira como se enquadram e agrupam na cadeia de fornecimento logística, isolando-se o elemento manutenção preventiva.

1. A LOGÍSTICA COMO FACTOR COMPETITIVO

Conseguir competitividade com a redução dos custos do serviço a clientes requer uma nova definição da empresa a qual inclui fornecedores habituais, clientes e outros vendedores de mercadorias e serviços. Gerir estes benefícios requer que as estratégias sejam desenvolvidas e implementadas através da cadeia de fornecimento, em todos os estágios do ciclo de vida do produto, para aumentar o serviço e resposta aos clientes, e redução de custos e *cycle time* (tempo de processamento por unidade numa determinada operação num determinado centro de trabalho).

O ponto central do negócio pensado no sucesso e competitividade mudou drasticamente desde a era generalista do planeamento estratégico das décadas anteriores. Este processo progrediu desde as estratégias tradicionais *top-down* onde a definição do plano estratégico era da esfera de cada departamento; decidia-se primeiro na estratégia e direcção e só depois partir para a operacionalidade e execução, tática, e se faziam planos a longo prazo baseados numa previsão das mudanças futuras da competitividade.

Esta progressão leva-nos à resposta baseada na estratégia actual onde as estratégias *bottom-up* se baseiam em estudos predominantemente do domínio da responsabilidade; existe articulação da gestão com equipas de empregados para melhoria dos resultados críticos de falta de competitividade; os consultores tornam-se especialistas nos processos de produção *versus* MBA treinados em

estratégia; e as estratégias *time-based*, com base na rapidez dos tempos de resposta, tornam-se na diferença entre vencedores e vencidos no mercado.

Esta evolução traduz-se num contínuo melhoramento de processos onde:

- Resposta e rapidez são os factores principais de diferenciação;
- A preocupação principal é a orientação para a cadeia de valor do cliente por forma a proporcionar-lhe um excelente serviço;
- Mudanças e flexibilidade são dados vitais para uma envolvente competitiva e para a dinâmica de mercado e suas rápidas mudanças.

Esta evolução da gestão progrediu da necessidade de se aumentar a eficácia, proporcionando maior flexibilidade e rapidez de resposta (Pereira, 1990).

As características chave desta evolução, no que diz respeito à produção, giraram à volta de produtos, tecnologia, operações e opiniões de clientes.

Tecendo algumas considerações breves, os confrontos da indústria dos anos setenta foram caracterizados pela gestão de um portefólio de produtos e posicionamento de marca, residindo o seu poder num forte *staff* com boa qualidade nas funções de *gestores de produto*.

Este sistema deu pouca atenção ao cliente ou ao serviço ao cliente, à qualidade do produto e ao tempo de desenvolvimento e introdução de novos produtos, para satisfação de um incremento da procura de mercado.

Os anos oitenta confirmaram a fraqueza operacional nesta aproximação à gestão competitiva, resultando num crescimento do número de empresas que sucumbiram perante diferentes concorrentes, nacionais e estrangeiros, os quais fabricavam com grande qualidade e proporcionavam um bom serviço ao cliente. Por exemplo, os fabricantes norte americanos conduzidos pela necessidade e pelo sucesso de empresas estrangeiras, principalmente japonesas, mudaram para uma produção de qualidade reconhecida reforçando, simultaneamente, a componente de trabalho. Esta postura, baseada no TQC (*Total Quality Control*), foi entusiasticamente adoptado pela *Hewlett Packard*. Da mesma forma que a *Hewlett Packard*, muitos outros fabricantes americanos passaram a utilizar TQC e técnicas JIT (*Just-In-Time*), melhorando igualmente TI (*Tecnologia de Informação*), para

aumentar a sua capacidade competitiva e atingir um nível excelente de qualidade de produção (Cahill, 1992; Drucker, 1986; Porter, 1985).

Mais tarde, ainda nos anos oitenta ficou demonstrado que a boa qualidade dos produtos e curtos *cycle-time* - sustentados pelos planos de produção conjuntos com os seus fornecedores - não só garantiram sucesso na envolvente da competitividade caracterizada por um incremento na redução do ciclo de vida dos produtos, mudando rapidamente as expectativas e procura dos clientes, assim como a globalização dos mercados e empresas. Muitas empresas tiveram sucesso quando separaram essas funções, boa qualidade dos produtos e curtos ciclos de produção, as quais faziam interligação com as que satisfaziam ao serviço ao cliente, e as que tinham responsabilidade de fornecer os materiais para a produção. Como tal fragmentação horizontal fosse ainda insuficiente para eliminar o mal, algumas empresas isolaram funções verticais - investigação da engenharia, da produção, das aquisições, do embalamento, da distribuição (Council of logistics Management).

Thomas Gunn (1987) identificou estas tendências e desenvolveu uma estrutura produtiva global, onde opera uma filosofia com compromisso para a qualidade, planeamento, tecnologia, e pessoas impulsionadoras da integralidade horizontal e vertical, orientadas para as necessidades dos clientes. Conforme se pode ver na Figura 5.1 a integração inclui fornecedores mais importantes sendo a execução suportada por três pilares operacionais - TQC, JIT e CIM (*Computer Integrated Manufacturing*). Algumas companhias líderes utilizaram esta estrutura como base de operação e chegaram à posição de líderes entre as suas concorrentes (Gunn, 1987).

Nesta década a envolvente competitiva actual e a dinâmica da indústria resulta em duas estratégias imperativas para o sucesso:

Logística - Gestão de materiais desde o fornecedor até ao cliente.

Time to market - Gestão do processo e do *cycle time* da concepção do produto até à sua disponibilidade, em tempo oportuno, para o cliente.

A estrutura de operação das empresas dos anos noventa, segundo Flaig, é descrita na "*Virtual factory*" (organização time-based com informação

integrada, por forma a gerir as cadeias do fornecedor e do cliente proporcionando deste modo a gestão integrada da cadeia do fornecimento e uma resposta rápida às necessidades dos clientes), uma *time-based* com informação integrada, extensível ao trabalho de Gunn, e representada na Figura 5.2. A “*Virtual factory*” sublinha o uso da tecnologia da informação com o fim de atingir a gestão das cadeias de fornecedor e cliente para assegurar a gestão integrada da cadeia de fornecimento e uma rápida resposta aos clientes e necessidades de mercado em termos de *time to market* e entrega de produtos (Flaig, Ernest & Young Center for Information Technology & Strategy). É aqui onde reside o futuro da competitividade das empresas de produção. Esta evolução das mudanças na gestão são ilustradas na Tabela 5.1, para um largo espectro de características importantes de competitividade.

Enquanto as empresas produtoras de maior sucesso convergem para a obtenção de níveis produtivos de excelência, sucesso ou fracasso no mercado competitivo, anos noventa e seguintes, serão determinados pelo sucesso da gestão da cadeia de valor logística e *time to market*.

O impacto dos factores externos, já referidos no capítulo anterior, nas funções logísticas é significativo, e obrigou aos fabricantes a determinados imperativos competitivos, onde se incluem:

- Conseguir manter o nível de serviço ao cliente independentemente das encomenda não previstas e alterações de última hora;
- Reduzir globalmente o *cycle-time* - desde o solicitar da encomenda até ao envio para o cliente em questão de horas ou dias;
- Implementar a qualidade total no envio dos produtos e serviços, incluindo a qualidade e embalagem conveniente, fiabilidade do produto, e serviço pós-venda;
- Planear a gestão do valor acrescentado do fluxo e movimentação de materiais, desde o fornecedor até ao cliente de acordo com a procura do mercado - incluindo planeamento da procura , gestão da procura e encomendas e planeamento da distribuição - e aumentar a flexibilidade de resposta;

- Reduzir o custo total - níveis de inventário através da cadeia de fornecimento, transporte, armazenagem, embalagem, custo de crédito mal parado, custos de não qualidade, etc.;
- Plano e estrutura para incrementar a modularidade dos produtos, utilidade, funcionalidade, opção, e configuração (um único produto para um único cliente);

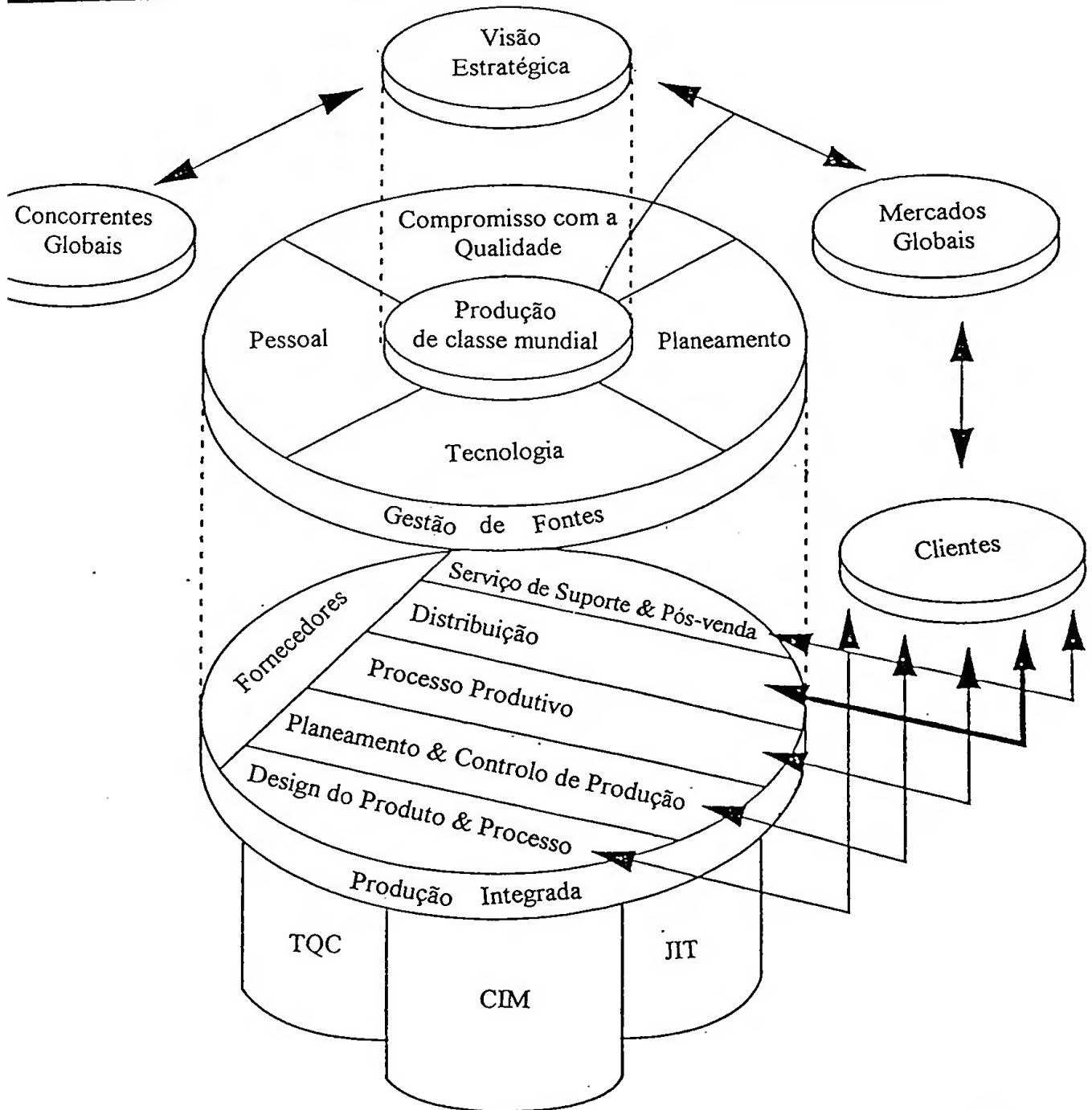


Figura 5.1 - Esquema de Thomas Gunn para uma empresa de classe-mundial

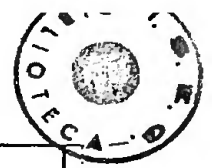
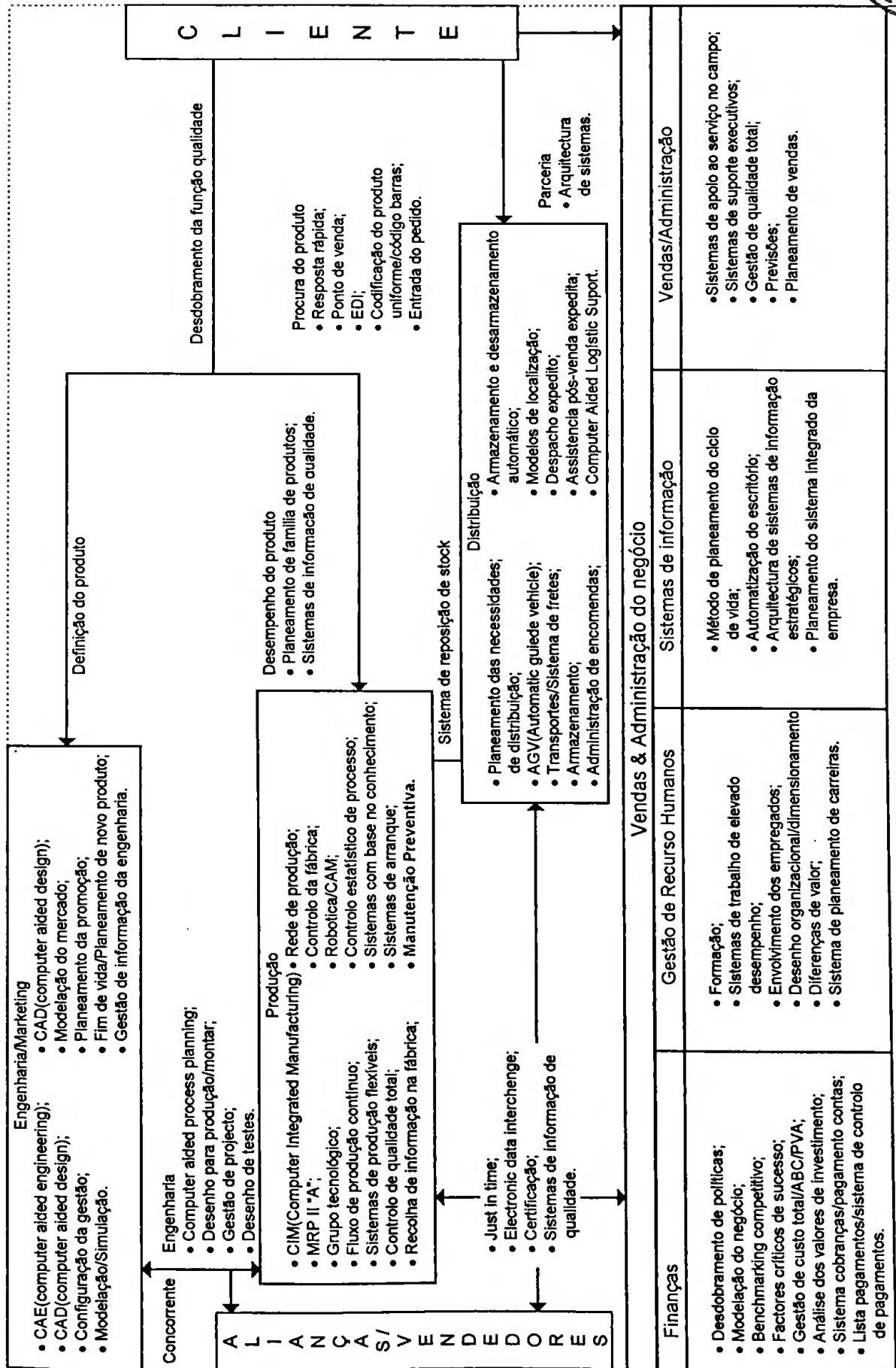


Figura 5.2 - Esquema da "Fábrica Virtual"
 Fonte: Ernest & Young Center for Information Technology & Strategy

| | ← anos 70 | anos 80 | anos 90s → |
|------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| INCIDÊNCIA NA PRODUÇÃO | Eficiência | Eficácia | Flexibilidade / resposta rápida |
| CARACTERÍSTICAS DO PRODUTO/PROCURA | Discreta | Opções/características | Variedade procurada pelo cliente |
| CICLO DE VIDA DO PRODUTO | Gestão para cash flow | Introdução de novos produtos | Time to market |
| RAZÃO DA VARIAÇÃO DA TECNOLOGIA | Estável | Alta | Muito alta |
| INCIDÊNCIA TECNOLÓGICA | Automatização | Informação e interfaces | Integração |
| INCIDÊNCIA NA INFORMAÇÃO | Gestão de sistemas de informação MRP II | CIM | Sistemas logísticos integrados/sistemas de informação especialistas |
| GESTÃO DE INFORMAÇÃO | Manufacturing Information System centralizado/informação independente por dept. | Centralizada/distribuída suportada por MIS/orientada por interface de utilizador | Distribuída e orientada para o utilizador suportada por integração de informação |
| TIPO DE GESTÃO | Generalista / especialistas funcionais | Funcional cruzada | Multifuncional |
| INCIDÊNCIA DA GESTÃO | Planeamento estratégico / conduzido por portefólio | Excelência na produção | Excelência logística / excelência da empresa |
| GESTÃO DE FORNECIMENTO | Fornecedores como recurso / adversários | Excelência do fornecedor | Alianças estratégicas / "Fábrica virtual" |
| ORIENTAÇÃO PARA O CLIENTE | Focado no produto | Serviço a cliente - qualidade, custo, entrega | Satisfação total do cliente |
| ÊNFASE DO CUSTO | Mão de obra directa | Custo dentro da fábrica | Custo total |
| ÊNFASE NAS PESSOAS | Vistas como recursos | Envolvimento dos empregados | Responsabilização dos empregados |
| INTRODUÇÃO DE NOVOS PRODUTOS | Lançar por lançar | "Voz do cliente" / desenhado para ser produzido | Resposta competitiva do produto |

Tabela 5.1 - Mudanças na incidência do negócio

- Tecnologia de informação integrada no processo de fluxo para obter melhorias significativas de desempenho (específica, para adquirir, desenvolver e implementar TI e sistemas para incremento da resposta do mercado e sistema de largo alcance, e aumentar o suporte à decisão).
- Optimizar e fazer o balanço das pesquisas mundiais e aumentar a flexibilidade dos activos e respostas.

A importância da logística e a integração das funções da gestão são todas de muita importância quando se considera que:

- Logística é parte integrante da combinação Serviço/Marketing a cliente.
- Serviço, nos nossos dias, é o factor de decisão do cliente quer seja consumidor ou industrial - e a logística é a ponte de ligação do serviço a clientes.

Excelência logística pode resultar num relacionamento forte com o cliente e por isso acrescentar valor à empresa. Cada vez mais os clientes têm tendência a procurar o mínimo de fontes de fornecimento, e examinam o preço da aquisição e do custo total, pondo em segundo plano o preço de compra. Adicionalmente, com um grande número de empresas a adoptar a produção sincronizada/JIT, como é exemplo a AutoEuropa (Setúbal), os fornecedores estão a ser avaliados com base na sua capacidade de fornecer produtos, frequentemente, e em pequenos lotes, a ponto de serem usados de forma racional (Deffner, 1995). Os clientes também procuram embalagens que possam ser directamente utilizadas nas linhas produtivas (por exemplo semicondutores em cartucho ou componentes em kits). Para estes clientes de predomínio JIT, o serviço inclui todas as actividades, fazendo parte do fornecimento, a quantidade correcta do produto a ponto de ser usada, entregue no tempo correcto de acordo com o planeamento e estado da informação (por exemplo programação de envio e aviso de entregas tardias para lhes permitir planear para a frente).

As despesas logísticas para a maioria das empresas é o valor do custo da cadeia (representado cerca de 5% a 25% das vendas, de acordo com alguns estudos realizados pela APICS (*American Production and Inventory Control Society, Inc.*), mas poupando, através do melhoramento das estratégias logísticas ou redesenhando o processo podem-se conseguir ganhos excepcionais (Pereira, 1990).

A logística pode servir para elevar barreiras à entrada aumentando o custo de mudança ao cliente, permitindo desta forma uma verdadeira e sustentável vantagem competitiva. Um estudo recente mostrou que o principal motivo que leva à fusão de empresas é o desejo de combinar a distribuição e realizar sinergias, permitindo-lhes aumentar a penetração no mercado (Morehouse e Rice, 1987). Mais tarde, a periodicidade do estudo demonstrou que a racionalidade específica da combinação da distribuição resultante da fusão das empresas inclui: primeiro, aumento do alvo de marketing do negócio; segundo, aumento do número de produtos oferecidos ao cliente resultando no aumento da rotatividade do inventário; terceiro, a distribuição combinada representa o caminho mais fácil para o alargamento geográfico das marcas regionais.

Existem diversos casos da utilização da logística como o factor competitivo. Por exemplo:

- A maioria das empresas de electrónica localizam as suas fábricas perto dos seus mercados potenciais, por forma a responder rápida e antecipadamente às necessidades do mercado. Este posicionamento foi contra os princípios de (definição estrita da análise de custo) que a localização das fábricas deveria ser decidida com o objectivo de obter vantagem de custo, de mão de obra e baixo custo de produção. Uma análise total dos custos, contudo, revelou que mesmo dobrando os custos de mão de obra e os custos de *stock*, seria maior a diferença reduzindo transportes, armazenagem, valor acrescentado nos custos, ao mesmo tempo que se aumentava a quota de mercado (devido à rápida resposta às necessidades pontuais do cliente e JIT) e posição competitiva contra grandes fabricantes de outros continentes;

- A maioria das empresas de bens de consumo, proporciona uma linha completa de produtos ao cliente. Através do desenvolvimento de um sistema de informação logístico que ligue distribuidores e retalhistas ao sistema de *stocks* da empresa, torna-se mais fácil o controlo do mesmo, enquanto se permite que distribuidores e retalhistas gerem o seu próprio nível de *stock* individualmente. Este facto, efectivamente, pôs de fora a concorrência pelo baixo preço;
- Alguns fabricantes de semicondutores, com visão mais alargada adoptaram estratégias similares, ligando o seu sistema de *stocks* aos dos seus distribuidores, caminhando no sentido da "*virtual factory*". Quando os utilizadores finais pretendem CI (*Circuitos Integrados*), os distribuidores têm tendência a satisfazer estas encomendas com produtos desses fornecedores;
- Outras empresas de semicondutores formaram alianças estratégicas a jusante e a montante com os seus clientes. Os departamentos de engenharia estão ligados com os de desenho do produto no cliente, por forma a acelerar o desenvolvimento do processo de acordo com o pretendido pelo cliente, enquanto que o EDI (*Electronic Data Interchange*) liga a distribuição de *stocks* de acordo com as necessidades dos clientes, ordenando processos e sistemas. Esta interligação permite um inestimável tempo de resposta trazendo vantagem competitiva para ambos.

Enquanto que a integração não implica, necessariamente, o posicionamento de todas as funções numa organização individual em forma de guarda chuva, é no entanto necessário tomar decisões multifuncionais no âmbito de toda a empresa, independentemente destas decisões poderem ter impactos diferentes nas diferentes actividades. Esta postura requer também uma filosofia de gestão e medidas estruturais que previnam a optimização das partes, enquanto sub-optimiza o todo da empresa.

2. A CADEIA LOGÍSTICA DE FORNECIMENTO

A cadeia de valor, descrita por Porter (1985) permite analisar e gerir o fluxo integrado de materiais e informação desde o fornecedor até ao cliente e vice-versa.

A Figura 5.3 ilustra o fluxo de materiais ao longo da cadeia de fornecimento logística. Gerir o fluxo de materiais e informação através desta cadeia, e dos seus activos, requer particular atenção sobre o aumento do nível de serviço ao cliente, ao menor custo total possível.

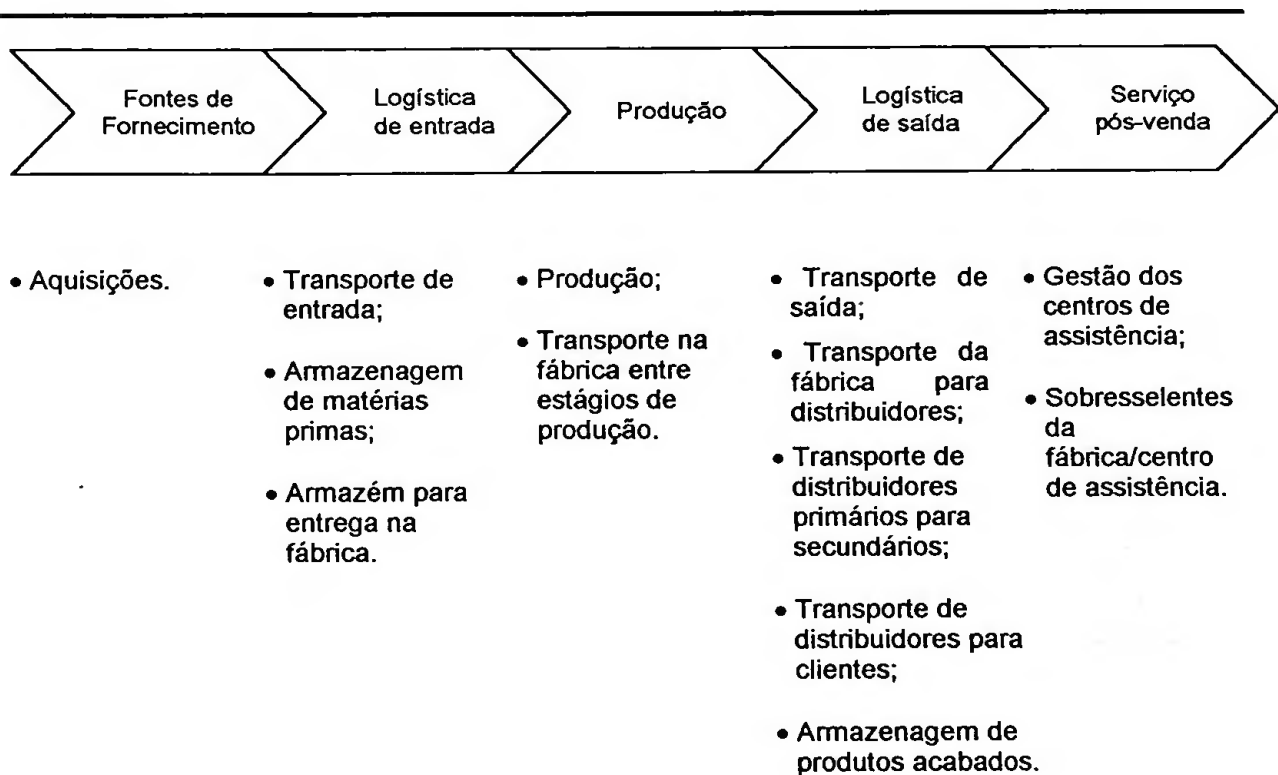


Figura 5.3 - Cadeia de fornecimento logística

Para conseguir atingir estes objectivos, um fabricante deve (Gopal e Cahil, 1992; Hicks, 1994):

- Desenvolver uma estratégia logística robusta, guiada por uma estratégia empresarial integrada com as estratégias de marketing e produção.

- Iniciar e gerir uma cadeia de fornecimento em termos de estrutura física, de afectação de recursos, de políticas de orientação e de decisões, e dos condutores dos custos e indicadores de desempenho por forma a decidir sobre a política e a monitorização do processo.
- Integrar TI nos processos, e avaliar, planear, adquirir e implementar factores chave que permitam obter informação e automatização tecnológica.

Os factores chave para o arranque e gestão da cadeia de fornecimento logística, por forma a conseguir um elevado nível competitivo no serviço ao cliente, são: os *factores estruturais*; *afectação de recursos*; e *políticas de gestão*. Os factores chave no arranque e gestão da cadeia de valor logística são mostrados na Figura 5.4.

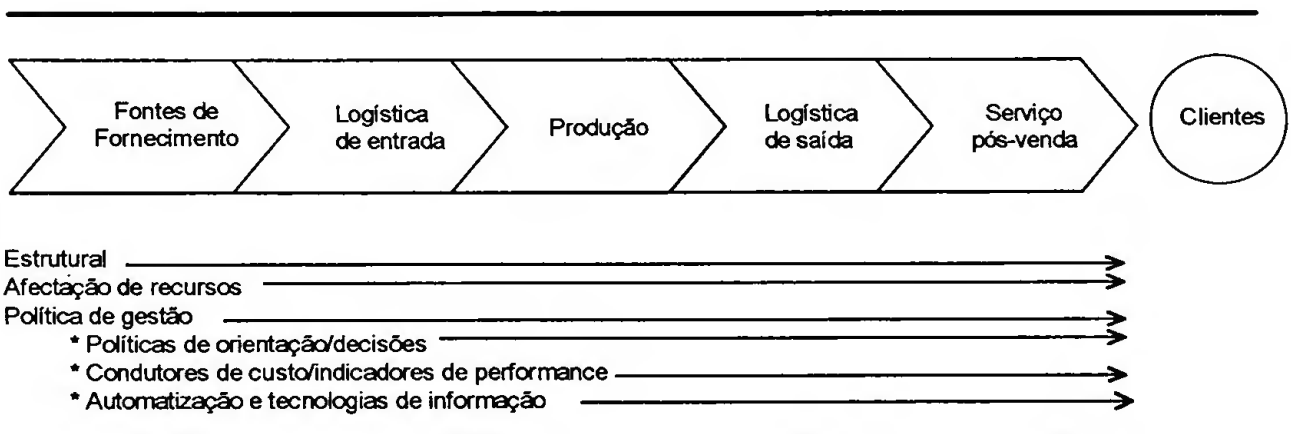


Figura 5.4 - Cadeia de fornecimento logística - Factores chave

Os *factores estruturais* da rede logística, ilustrados na Figura 5.5, incluem a configuração física dos componentes da cadeia de valor. Os componentes incluem o número e a localização dos vendedores (componentes, matérias primas, valor acrescentado, submontagem, etc); estádios de produção simplificada, campo de acção, combinação e tamanho; e o tipo, campo de acção, e localização dos centros de distribuição, ou alternativamente armazéns contratados.

As decisões, na sua maioria, têm objectivos a longo prazo e envolvem montantes elevados de capital e investimento em trabalho.

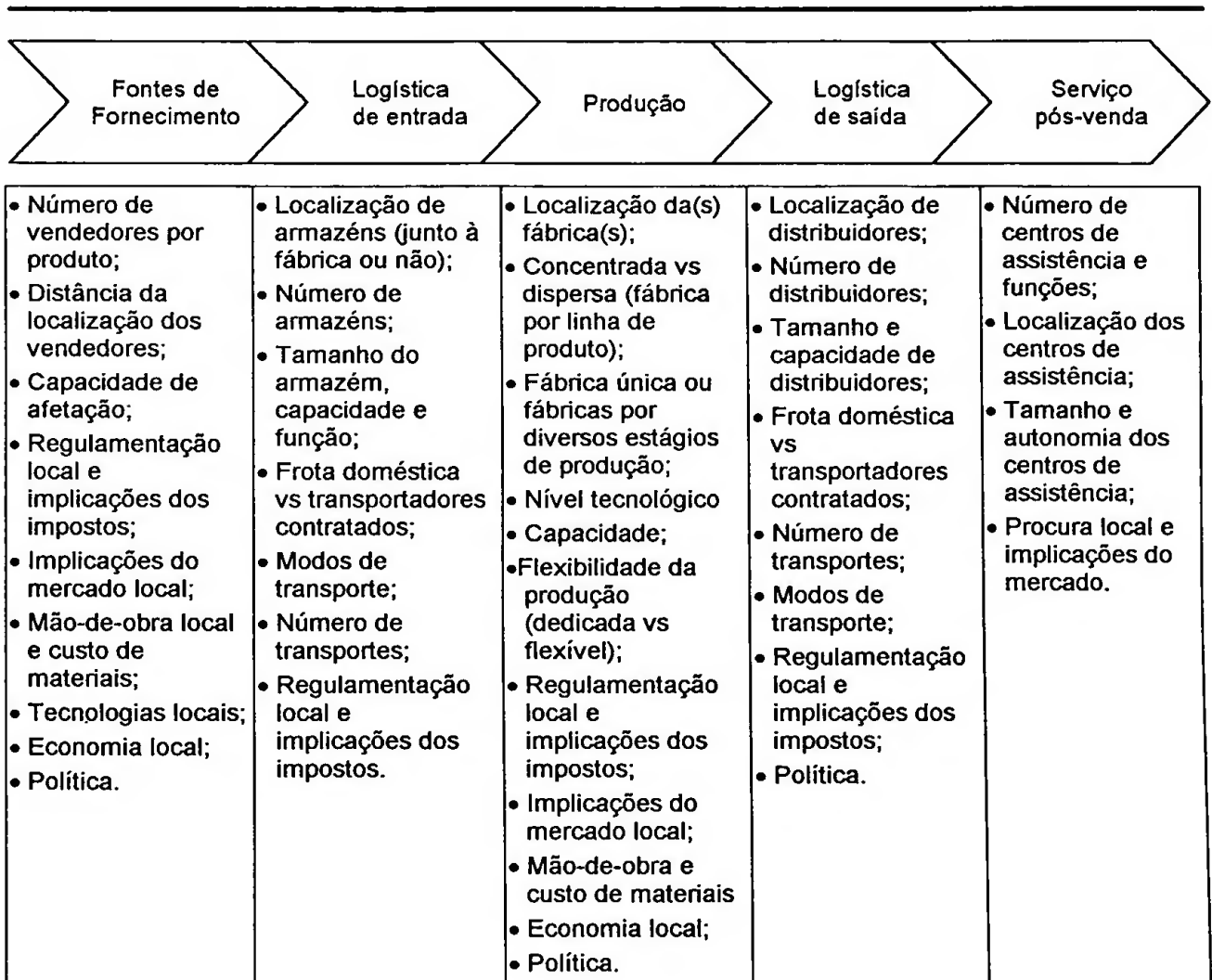


Figura 5.5 - Factores chave na configuração estrutural da cadeia de fornecimento logística

Os *factores de afectação de recursos*, ilustrados na Figura 5.6, envolvem decisões de afectação e controlo de custos para o avanço das operações da cadeia de valor. Elas reflectem a gestão das prioridades, examinando o custo e o desenvolvimento. Um aspecto importante é o custo da formação e aprendizagem - expondo a gestão e os empregados às melhores

práticas na indústria (particularmente outras indústrias), aperfeiçoando as formas de orientação do negócio.

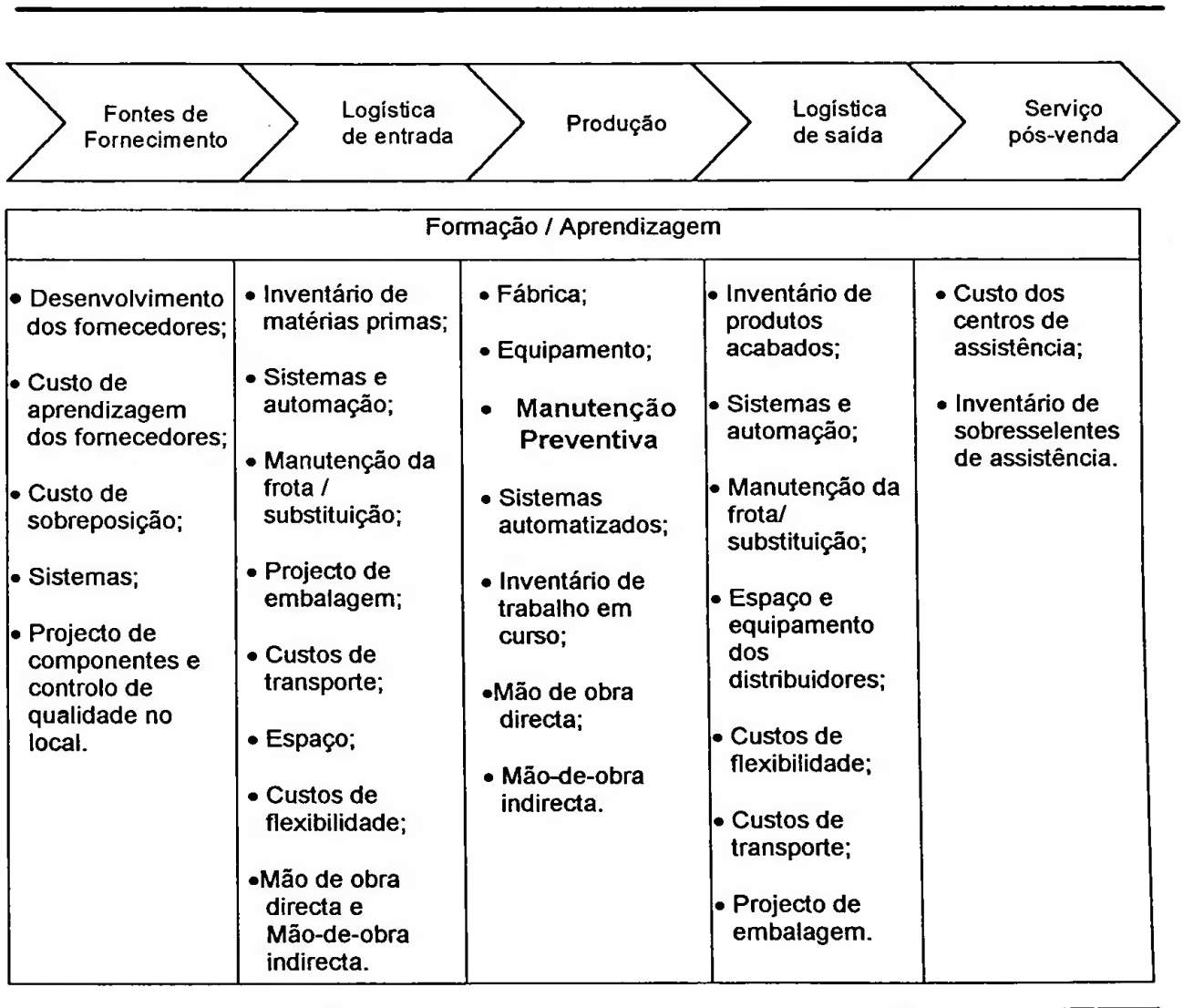


Figura 5.6 - Factores chave de afectação de recursos na cadeia de fornecimento logística

As *políticas de gestão* envolvem políticas, métodos, parâmetros de gestão, opções tecnológicas necessárias para a análise, conduta e gestão efectiva do negócio. As *políticas de gestão* podem ser classificadas em três áreas fundamentais:

(1) *Decisões e políticas de orientação*, que envolvem as decisões fundamentais e políticas de gestão do negócio. Esta componente envolve a gestão de fornecimentos, aquisição e justificação de tecnologia, estrutura organizacional, regras e responsabilidades, e níveis de serviço a clientes; como mostra a Figura 5.7.

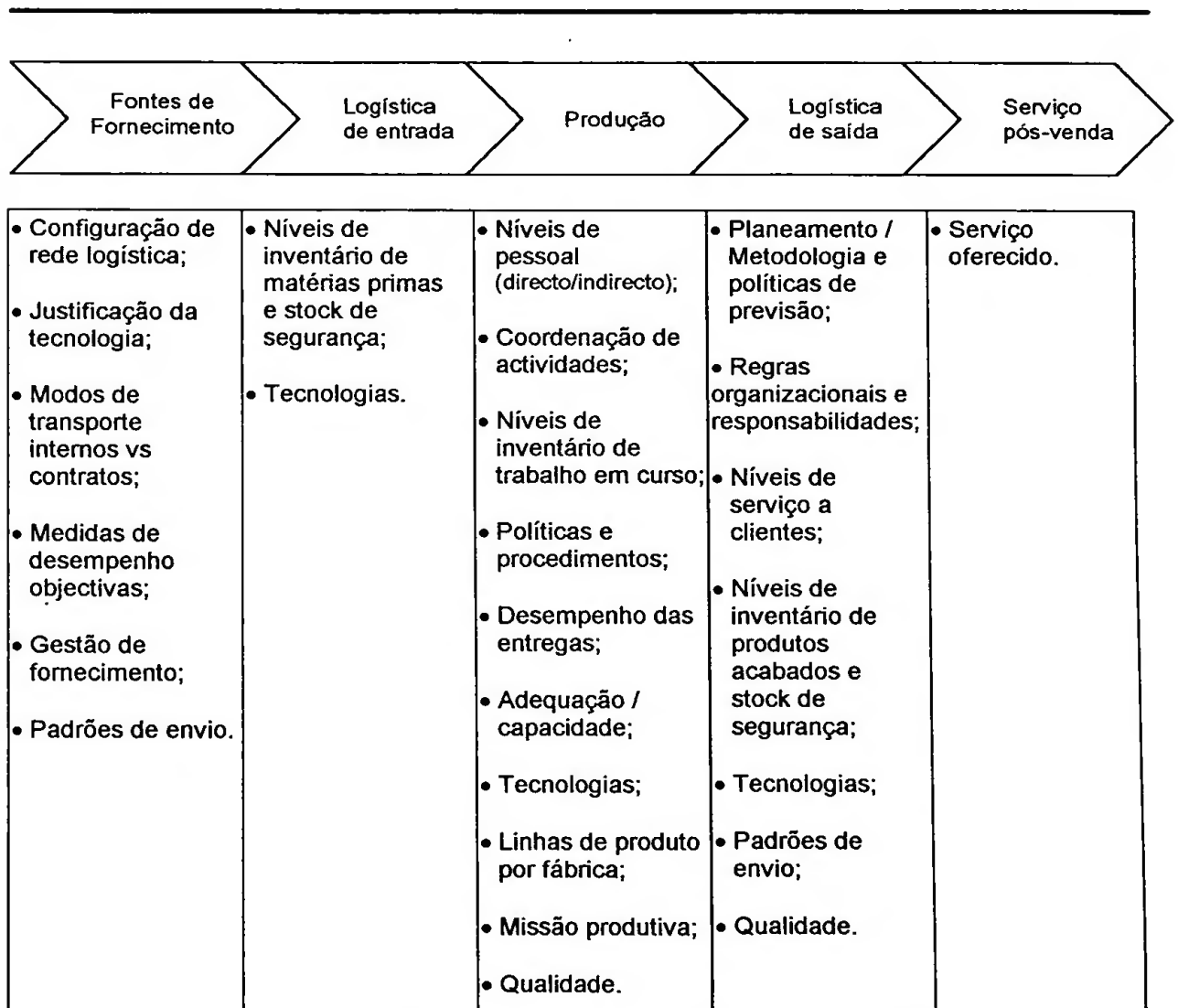


Figura 5.7 - Políticas/decisão de gestão chave na cadeia de fornecimento logística

(2) *Custo dos condutores e indicadores de desempenho*, como se mostra na Figura 5.8, ilustram os custos principais dos condutores e medidas de desempenho da cadeia de valor logística, baseadas na sensibilidade dos

mercados. A base para a gestão efectiva é o conhecimento do custo total da estrutura, dos seus condutores, e o desenvolvimento dos indicadores de desempenho. Por isso, a partir desses elementos consegue-se obter um quadro do custo total, assim como um suporte-base para atribuição de custos de

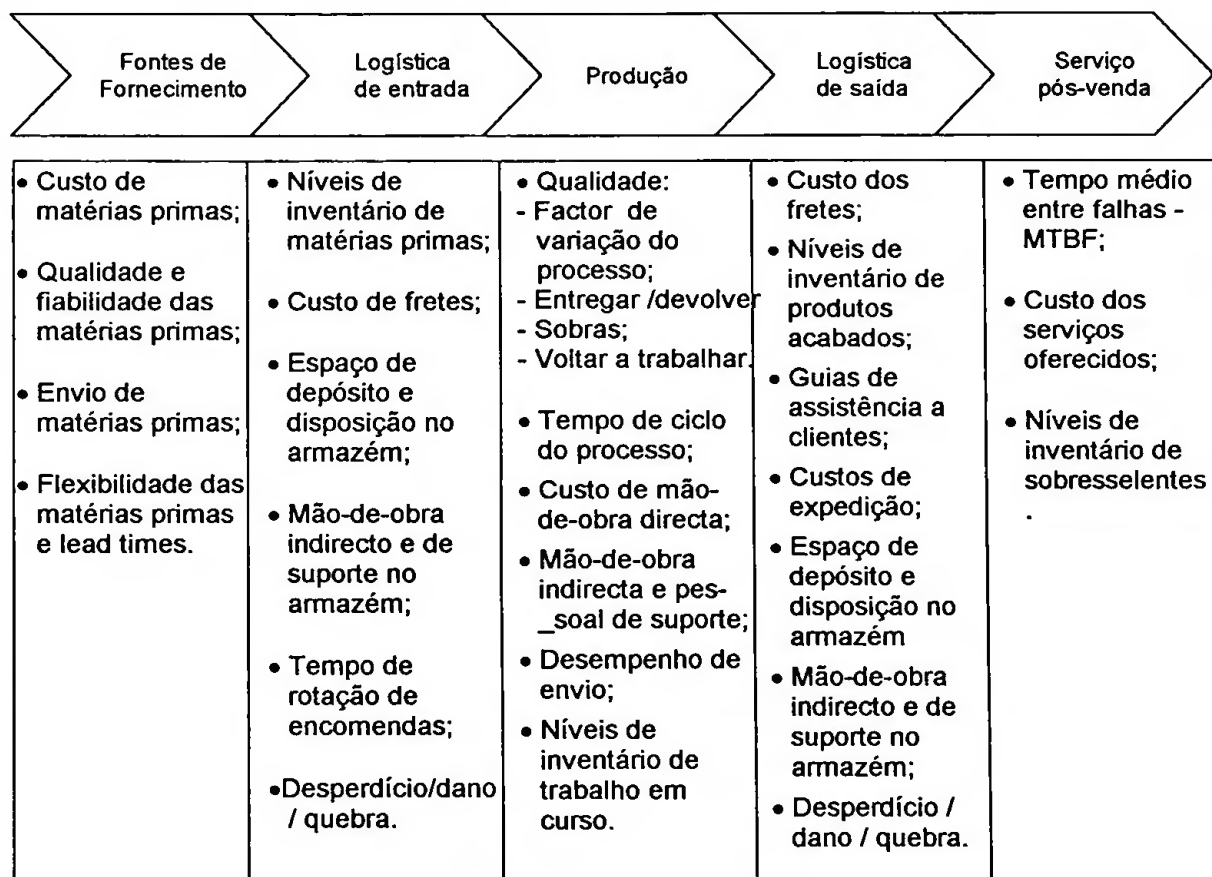


Figura 5.8 - Custo dos condutores/indicadores de desempenho chave na cadeia de fornecimento logística

produto-serviço-segmento no sentido de: (i) Monitorar e controlar os custos; (ii) Manter informados os responsáveis pelas decisões, com base no quadro real de custos; (iii) Analisar o processo e melhorar ou redesenhar de acordo com a competitividade do mercado e objectivos de custo; (iv) Identificar os indicadores de

desempenho para monitorar o negócio, o seu sucesso e as suas necessidades de investimento.

(3) *Informação e tecnologia de automatização*, ilustrada na Figura 5.9, fornece as tecnologias chave e o planeamento dos requisitos de tecnologia que devem ser considerados.

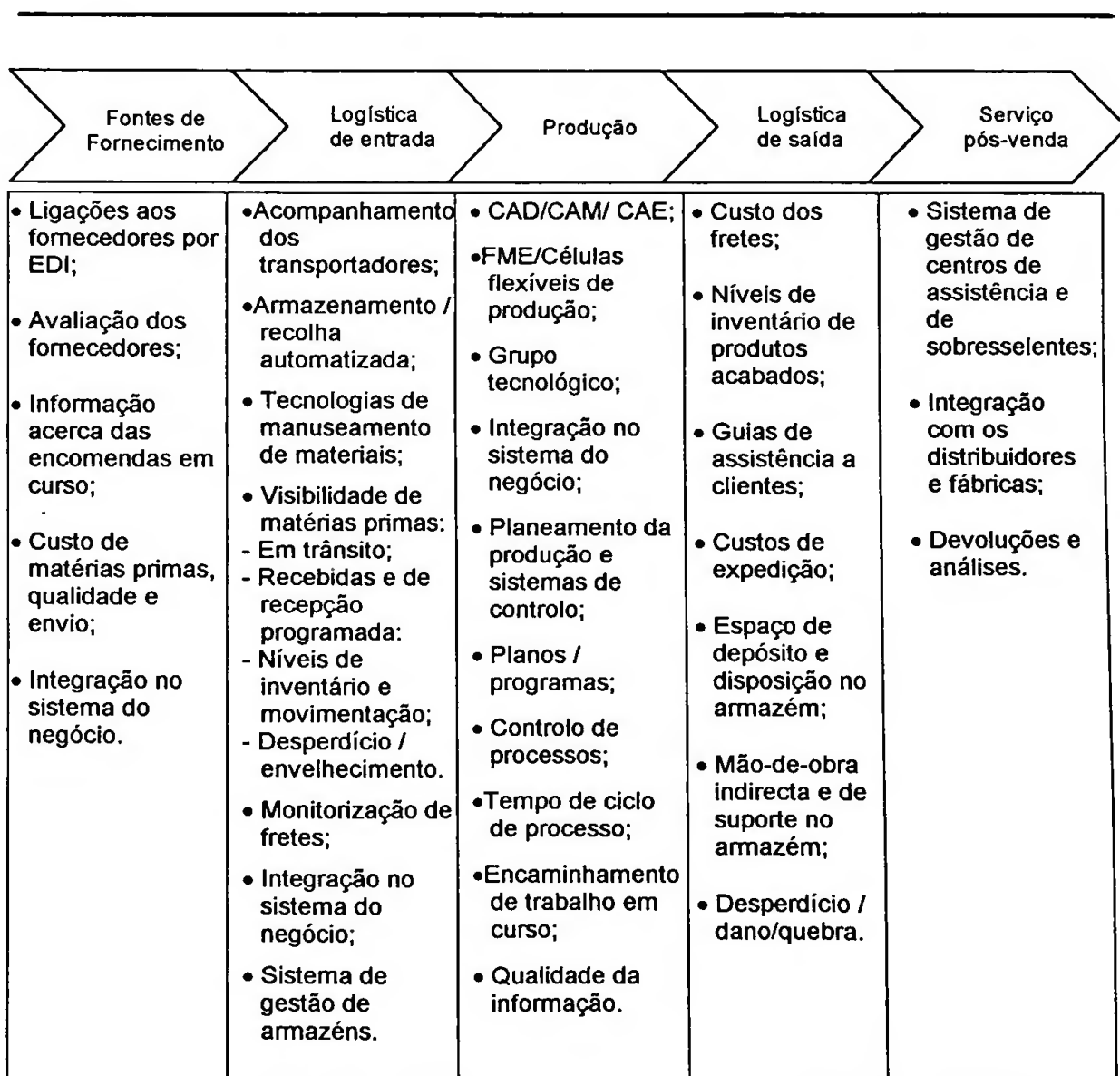


Figura 5.9- Considerações chave de tecnologia de informação e automação na cadeia de fornecimento logística

Informação e tecnologia de automatização são considerações de suporte se a empresa pretende: (i) Redesenhar o processo do negócio de acordo com a sua "visão"; (ii) Possuir suporte de decisão efectivo para a gestão; (iii) Fornecer suporte de gestão e de execução para as operações em curso; (iv) Gerir a procura do fornecimento e o processo de planeamento, previsão e envio; (v) Ultrapassar a concorrência; (vi) Integrar a empresa multi-funcionalmente.

A variedade e o campo de acção da tecnologia disponível é enorme. Um factor chave na decisão das TI é a justificação do processo tecnológico. É vital para que a empresa progrida desde a técnica tradicional de base financeira, e adopte métodos rigorosos que reflectam a natureza integrante da tecnologia, os seus impactos estratégicos, e o seu valor para a empresa.

A cadeia de valor oferece uma forma sistemática de dividir uma empresa nas suas actividades distintas, podendo, assim, ser utilizada para examinar a forma como estas actividades nela se enquadram, e como podem ser agrupadas. Como já referimos no capítulo III, o objectivo principal deste capítulo, é a definição de actividades de valor relevantes, requerendo que as mesmas sejam isoladas. A desagregação que fizemos, teve como meta a exposição de diferenças importantes para a análise da vantagem competitiva, concretamente na componente **PRODUÇÃO** da cadeia de fornecimento logística.

Na Figura 5.10, mostramos o esquema global resultante de desagregações sucessivas das actividades combinadas *Logística de entrada* e *Logística de Saída* da cadeia de valor genérica de uma empresa produtiva.

Produção

Factores chave

| Estrutural | Afectação Recursos | Política de Gestão | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | Custo dos condutores / Indicadores de desempenho: | Automatização e Tecn. de informação | Políticas orientação / decisão |
| <ul style="list-style-type: none"> • Localização da(s) fábrica(s); • Concentrada vs dispersa (fábrica por linha de produto); • Fábrica única ou fábricas por diversos estágios de produção; • Nível tecnológico ; • Capacidade; • Flexibilidade da produção (dedicada vs flexível); • Regulamentação local e implicações dos impostos; • Implicações do mercado local; • Mão-de-obra e custo de materiais; • Economia local; • Política. | Educação/Aprendizagem <ul style="list-style-type: none"> • Fábrica; • Equipamento; • MP Manutenção Preventiva • Sistemas automatizados; • Inventário de trabalho em curso; • Mão-de-obra directa; • Mão-de-obra indirecta. | <ul style="list-style-type: none"> • Qualidade: <ul style="list-style-type: none"> - Variabilidade do processo - Entregar/devolver; - Sobras; - Voltar a trabalhar. • Tempo de ciclo do processo; • Custo de mão-de-obra directa; • Mão-de-obra indirecta e pessoal de suporte; • Desempenho do envio; • Níveis de inventário de trabalho em curso. | <ul style="list-style-type: none"> • CAD/CAM/ CAE; • FME/Células flexíveis de produção; • Grupo tecnológico; • Integração no sistema de negócio; • Planeamento da produção e sistemas de controlo; • Planos/programas; • Controlo de processos; • Tempo de ciclo de processo; • Encaminhamento de trabalho em curso; • Qualidade da informação. | <ul style="list-style-type: none"> • Níveis de pessoal (directo/índirecto); • Coordenação de actividades; • Políticas e procedimentos; • Níveis de inventário de trabalho em curso; • Desempenho das entregas; • Adequação / capacidade; • Tecnologias; • Linhas de produto por fábrica; • Missão produtiva; • Qualidade. |

Figura 5.10 - Sub actividade PRODUÇÃO - Desagregação da actividade combinada *Logística de Entrada* e *Logística de Saída* da cadeia de valor genérica.

3. O PARADIGMA DA GESTÃO LOGÍSTICA

As empresas, tradicionalmente, organizavam-se, operavam e avaliavam-se a si próprias funcionalmente - mesmo o *Council for Logistics Management* era formalmente chamado de *National Association for Physical Distribution*. A

distribuição, dentro desta organização do negócio, operava para reduzir custos de transporte, gerir *stocks* de segurança e promover a rotação rápida das encomendas.

As aquisições, tráfico de entrada, planeamento da produção e da distribuição, serviço a clientes, e gestão de materiais/*stocks* operavam tipicamente isoladas umas das outras - Eram como silos funcionais que procuravam a optimização das suas próprias operações, algumas vezes com custo elevado para a empresa. As medidas de desempenho funcional (frequentemente em conflito entre si) encorajavam esta situação, tendo Warrem Bennis aplicado a nova regra logística na sua própria perspectiva quando disse:

"Enquanto o marketing é uma actividade de procura de criatividade, a logística é uma actividade de procura de satisfação."(Gopal e Cahill, 1992)

Bowersox and Murray (1987) escreveram que: "O ponto principal da estrutura actual do negócio está a mover-se, no sentido de englobar fornecedores e clientes na sua gestão. Associação inter-organizacional permite a partilha de informação e a coordenação de áreas funcionais envolvidas".

Entre as características desta perspectiva, são emergentes as seguintes iniciativas logísticas:

1. *Serviço a clientes consistente em toda a dimensão e canais de distribuição* - entrega, resposta, qualidade, embalamento, e fiabilidade inclui uma nova regra para os distribuidores - sejam componentes integradores ou simples pontos de contacto de vendedores. Este é o serviço de valor acrescentado que alguns clientes procuram (por exemplo gestão do custo total das aquisições - que resulta na redução de custos de envio do cliente, inspecções de entrada e custo de gestão de *stocks*), e incluem:

- Consolidação das partes procuradas em múltiplas fontes, construção de *kits* e consolidação do envio num processo *just-in-time*;
- Valor acrescentado de trabalho (sem montagem crítica, isolamento de cabos, etc.);
- Gestão de *stocks*, função dos inventários dos clientes;
- Menores despesas;
- Inspeção de entrada e testes.

2. *Alianças estratégicas e parceria com suportes chave* - clientes, fornecedores, armazenistas, programadores/projectistas de TI, e outros parceiros.

3. *Outsourcing* de funções tradicionais e actividades de valor acrescentado através da cadeia de valor. O *outsourcing* é particularmente útil se:

- São requeridas tarefas especializadas;
- Se a empresa tem o seu campo de acção no seu núcleo de competência e fica improdutiva e inferiorizada;
- As fontes exteriores estão disponíveis para enviar produtos e serviços rapidamente, a um custo menor ou de melhor qualidade.

Muitas empresas abastecem-se, fora das suas linhas e canais, de novos produtos, quando é requerido um aumento da flexibilidade, normalmente, resultante de mudanças na envolvente do negócio. O *outsourcing* toca virtualmente todos os aspectos da gestão do negócio incluindo o fornecimento (menor integração vertical), produção (contratos de produção, montagem, *pré-empacotamento*), armazenagem e distribuição (contratos com armazéns,

transportadores para todo o serviço logístico, e frotas para longas distâncias), sistemas de informação (particularmente sistemas novos ou de reengenharia de sistemas existentes), engenharia de produto, desenho do processo, e serviço pós-venda. Contratar armazéns, por exemplo, obriga a riscos partilhados no envio e elevado nível de controlo e flexibilidade. Mas, por conseguinte, frequentemente, oferece um custo baixo de estrutura e, muito importante, a negociação de parceria versus um forte elo de relacionamento.

O *outsourcing* está a enaltecer o "novo ressuscitar empresarial", resultando no direccionamento do núcleo de competência, flexibilidade e minimização de riscos (por exemplo, enquanto dura o início do ciclo produtivo de um novo produto), assegurando um melhor serviço a clientes e custos de estrutura.

4. Envolvimento directo dos clientes na definição do produto e do seu embalamento ("voz do cliente"), especificação das necessidades de serviço, e rotatividade do *stock*.

5. Tecnologia da Informação e comunicações - que ligam membros chave da cadeia de fornecimento por forma a permitir uma visibilidade global, controlo, informação e suporte de decisão. Os pontos de discussão actualmente envolvem alinhamento estratégico da Tecnologia da Informação, integração com o processo do negócio, informação integrada e partilhada para a "*virtual factory*". A integração da informação permite à empresa antecipar as necessidades dos clientes e responder mais rapidamente, mesmo melhor que a reacção da concorrência.

As mudanças dinâmicas na indústria e as regras de gestão e imperativos resultantes obrigam a realçar uma nova visão e gestão do negócio que engloba:

- Métodos de gestão e melhoramento;
- Especial atenção ao negócio;
- Especial atenção nas estratégias produto-mercado;
- Organização;
- Campo de acção da organização;
- Especial atenção na operação;
- Especial atenção nas operações/multi-funcionalidade;
- Parâmetros da Tecnologia da Informação;
- Especial atenção na resolução de problemas/empregados das operações.

O paradigma transcende a perspectiva, transversal e de funcionalidade, de toda a empresa para a integração da cadeia de fornecimento virtual. Este facto envolve uma visão da empresa logística num futuro próximo com muito cuidado, repensado nas regras dos fornecedores, clientes, tempo de envio, e custo total.

4. ESTRATÉGIAS LOGÍSTICAS

Nos números 1., 2. e 3. demos destaque à importância da estratégia logística, e a um conjunto de princípios determinados pelos mercados, a ter em consideração para o sucesso e sobrevivência das empresas. O primeiro passo do processo de desenvolvimento de uma estratégia logística é a construção de um trabalho o que tem por objectivo estudar, planear, executar e controlar as estratégias mais competitivas para a logística.

As estratégias logísticas devem estar em consonância com os objectivos das empresas e com a sua estratégia de organização; devem ser a linha de orientação futura; e devem gerar vendas e movimentos de transformação, trabalhando conjuntamente com o marketing e produção. As estratégias de

marketing geram vendas e são tipicamente orientadas para os compromissos externos da empresa, e incluem estratégia de: produto; introdução de novos produtos, preparação e venda; promoção a nível nacional ou regional; gestão do canal de distribuição; etc, enquanto que a estratégia de produção está inteiramente orientada para a tecnologia de produto; processos de fabrico; automatização - *hard* e *soft*; incidência na linha produtiva; redução de custos; etc. A Tabela 5.2 representa o impacto da logística nos componentes mais importantes quando se pretende implementar uma estratégia produtiva.

| Componentes principais da estratégia produtiva | Impacto da logística |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Capacidade | <ul style="list-style-type: none"> • Combinação de produtos por região • Volume por conjunto de produtos • Capacidade máxima |
| Fábricas | <ul style="list-style-type: none"> • Localização e proximidade do fornecedor/ cliente • Múltiplas fábricas/múltiplos estágios • Preços/tipo de produto |
| Equipamentos e processos tecnológicos | <ul style="list-style-type: none"> • Flexibilidade à procura do cliente • Retorno/reparações • Combinação produto flexibilidade • Produto preparação/acabamento |
| Integração vertical | <ul style="list-style-type: none"> • Transporte entre estágios • Consolidação de remessas/carregamentos |
| Vendas | <ul style="list-style-type: none"> • Número e volume • Distâncias/frequência de envio/ dimensão do envio/JIT • Alianças |
| Novos produtos | <ul style="list-style-type: none"> • Preparação/saída e volume • Embalamento • Fomecimento(planeamento da procura) • Volume de inicialização da produção |
| Sistemas | <ul style="list-style-type: none"> • Integração • EDI/ligação com suportes chave • Visibilidade global de <i>stocks</i> • Ferramentas de apoio à decisão • Custo dos sistemas • Fomecimento/ sistemas de planeamento da procura • Gestão de encomendas |

Tabela 5.2 - Impacto na logística dos principais componentes das estratégias competitivas.

(Hayes, Robert H.; Wheelwright, Steven C. - 1985)

Da nossa investigação podemos constatar que os autores não abordam as estratégias logísticas de forma global. Cocke (1994); Anónimo_1 (1994); Mather (1992); Wortman (1992); e Kolbus (1992) escreveram sobre a importância de estratégias relacionadas com a configuração, coordenação, serviço ao cliente e tecnologias de informação. Ferrin (1994); Anónimo_2 (1994); Edwards (1994); Isaac (1994); Bonney (1994); Davis (1994); Dawe (1994); Bamfield (1994); Ballard e Tomlinson (1994); Copacino (1993); Murrof (1993); Port (1993); Rasmus (1993); Udo (1993); Hamilton (1993); Bowersox, Carter e Monczka (1993); Evans, Naim e Towil (1993); Hassan e Kinard (1992); Hsieh e Kleiner (1992); Gray, Karmarkar e Seidman (1992); e Cahn (1992) debruçaram-se sobre estratégias associadas às tecnologias de informação e sua inter-relação com a integração de stocks e configuração produtiva. Van Oldenbirk (1994); Birts e Cousins (1994); Seidman (1993); Mele (1993); Clemson e Row (1993); Jacobs (1992); e Lester (1992) preocupam-se mais com as estratégias de serviço a clientes e a sua interligação e associação com as tecnologias de informação e integração de stocks. Baker (1993); Sohal e Singh (1992); Hubbard, Taylor e Bolander (1992) denotam particular incidência sobre as interligações associadas à rede produtiva e coordenação em termos de organização estratégica. Outros autores como Banergee e Golhar (1993); Sohal, Ramsey e Samson (1993); e Sussams (1992) referem estratégias de ligação entre a configuração da rede produtiva fazendo uso das tecnologias de informação. Outros ainda como Murrof (1993); Wong (1994); Thomas (1994); Bradley (1994); Witt (1993); Miller (1993); e Bradley (1992) incidem a sua abordagem no transporte associado às tecnologias de informação e à boa prestação de serviço ao cliente. Só Kolbus (1992) e Wortman (1992) abordaram de maneira mais global a importância da ligação entre os processos associados à produção.

Globalizando a opinião dos autores referidos concluímos que as estratégias logísticas são o suporte efectivo da interligação dos processos produtivos e identificam-se como:

- Configuração/estratégia da rede produtiva;
 - Estágios;
 - Tempo/proximidade;

- ◆ Localização;
 - ◆ Missão e tipo da fábrica;
 - ◆ Capacidade total e nas linhas;
 - ◆ Ligações (fonte, destino, produto, modos, direccionamento).
- Coordenação/organização estratégica;
 - ◆ Integração multifuncional;
 - ◆ Estrutura;
 - ◆ Responsabilidades;
 - ◆ Planeamento, controlo e registos;
 - ◆ Recursos humanos/qualificações necessárias.
- Estratégia de serviço a clientes;
 - ◆ Serviço a clientes;
 - ◆ Associações/ligações;
 - ◆ Prestadores de serviço a clientes;
 - ◆ Embalamento;
 - ◆ Assumir funções de cliente;
 - ◆ Conveniência;
 - ◆ Qualidade de envio.
- Estratégia de integração de stocks;
 - ◆ Desdobramento de *stocks*;
 - ◆ Gestão de fornecimento/procura;
 - ◆ Alianças.
- Estratégias de tecnologias de informação.
 - ◆ EDI/ligações internas e externas;
 - ◆ Planeamento de fornecimento de materiais global;
 - ◆ Comunicações via satélite;
 - ◆ Gestão de armazém;
 - ◆ Gestão e suporte de encomendas;
 - ◆ Registos para a gestão
 - ◆ Suporte de decisões;
 - ◆ Gestão da procura/previsões;
 - ◆ Modelos/optimização/encaminhamento/programação.

A suportar qualquer delas está o transporte, que liga toda a cadeia de fornecimento entre os pontos de envio e os de entrega.

- Estratégias de transporte.
 - ◆ Alianças;
 - ◆ Modos de transporte;
 - ◆ Contratos;

- Frequência de carregamento(remessas)/consolidação;
- Circuitos/parceiros de expedição.

O princípio fundamental da logística em estratégias associadas de *marketing* e *produção* é determinar, planejar e controlar fábricas, materiais e fluxo de informação para criar e sustentar vantagem competitiva ao mais baixo custo total, enquanto satisfaz as expectativas dos clientes mais exigentes, mantendo a flexibilidade que lhe permita criar barreiras à entrada dos seus concorrentes.

Resumo:

Este capítulo trata a logística como um factor competitivo e determinante nas estratégias produtivas. Neste sentido, a cadeia de valor de Michael Porter, descrita no capítulo I foi usada para analisar o fluxo integrado de materiais e informação, e a maneira como se enquadram e agrupam na cadeia de fornecimento logística.

O objectivo principal deste capítulo é a desagregação das sub actividades de valor, constituintes das actividades - logística interna e logística externa - até ao nível que permite a análise da vantagem competitiva. No nosso caso concreto do elemento manutenção na componente produção da cadeia de fornecimento logística.

CAPÍTULO VI

PLANEAMENTO DA MANUTENÇÃO

Todo o equipamento, de um modo geral requer manutenção. Manutenção é qualquer acção tomada para manter um equipamento operacional, ou repô-lo, quando avaria. Planeamento de manutenção é o desenvolvimento do processo de identificação antecipada, o qual inclui:

- Requisitos de manutenção;
- A(s) pessoa(s) que deve(m) executar as tarefas de manutenção;
- O local onde deverá ser executada a manutenção.

1. CONCEITO DE MANUTENÇÃO

A forma como a manutenção de um equipamento deve ser desempenhada não acontece só por si. Ela resulta de uma preparação e planeamento exaustivo, desde o início da fase de pré-concepção do equipamento e, continuamente, através do seu desenvolvimento. O processo de planeamento de manutenção começa com o desenvolvimento do conceito de manutenção, baseado na filosofia de manutenção do cliente/utilizador final. O conceito de manutenção é o alicerce usado, no desenvolvimento detalhado, do plano de manutenção para um sistema ou equipamento. As áreas endereçadas pelo conceito de manutenção são: a estratégia de afectação de tarefas aos diferentes níveis de manutenção; a política de reparações, com incidência em tipos de itens similares contidos num equipamento; o critério de programação das tarefas de manutenção; e a disponibilidade antecipada dos recursos de suporte para a execução da manutenção.

O conceito de manutenção é inicialmente desenvolvido pelo cliente durante a fase de concepção. Este conceito de manutenção inicial é, portanto, o resultado da análise pertinente da informação respeitante à manutenção do



equipamento, fornecendo uma descrição antecipada das características, quer operacionais quer logísticas, de como o equipamento deve operar.

O conceito de manutenção proposto é sucessivamente reajustado em função dos recursos do projecto. O resultado deste reajuste contínuo, é a facilidade com que permite alterações no sistema de manutenção, quando o equipamento novo está operacional. As condições de operacionalidade do equipamento e as operações de manutenção são comparadas com as operações pré existentes para determinar o conceito óptimo de manutenção. O conceito de manutenção resultante considera: a complexidade do novo equipamento; a mobilidade dos seus requisitos; o tempo mínimo que se consome em manutenção; as tarefas críticas de manutenção que devem ser consideradas no planeamento de manutenção; e o número mínimo de procedimentos de manutenção, que devem ser executados para assegurar a operacionalidade do equipamento para a realização da missão para que foi concebido.

O conceito de manutenção torna-se, portanto, a linha principal para o planeamento da manutenção de um sistema, tal como ele é desenhado. O processo de desenvolvimento do planeamento de manutenção é baseado no LSA (*Logistics Support Analysis* cujo objectivo fundamental é desenvolver uma base de dados para o uso de um suporte logístico integrado, e tem como base de desenvolvimento quatro metas: 1) Gerar considerações logísticas de suporte que influenciem o desenho de um sistema; 2) Identificar, antecipadamente, condutores de custo e o suporte logístico; 3) Desenvolver meios logísticos de suporte para a vida de um sistema; 4) Desenvolver uma base de dados de suporte logístico). O LSA é uma metodologia que influencia o processo de desenho dos equipamentos por forma a que estes tenham requisitos de suporte, de manutenção, simples, isto é, que identifique maneiras de tornar o suporte para manutenção de um equipamento simples. O utilização do LSA permite o transporte do desenho de sistemas funcionais para o desenho de sistemas físicos, onde cada item no sistema, susceptível de reparação, é analisado para a determinação do plano que permita manter o item específico, com base no conceito de manutenção, no sistema.

2. PLANO DE MANUTENÇÃO

O culminar do processo de planeamento de manutenção é o desenvolvimento de um plano detalhado de manutenção, com documentação que explicita, exactamente, como a manutenção do sistema deve ser realizada.

A manutenção deve ser efectuada no próprio sistema, no local onde este é utilizado pelo cliente, numa zona intermédia junto do cliente, e/ou numa sede ou oficina principal na própria fábrica, função do nível da manutenção a executar e dos seus requisitos. Os níveis de manutenção pretendem dividir as funções e as tarefas de manutenção por área, conforme o tipo e o local onde é executada. A complexidade de tarefas; os requisitos das pessoas compatíveis com o nível da tarefa; os meios necessários especiais; etc., são exemplos de uma enorme extensão de funções específicas, a realizar por cada nível de manutenção. Existem basicamente três níveis de manutenção: *Organizacional* ou *Nível 1* ou ainda *Nível O*; *Intermédio* ou *Nível 2* ou ainda *Nível I*; e *Principal* ou *Nível 3* ou ainda *Nível D*. O tipo de manutenção que cada nível tem capacidade de desempenhar depende das ferramentas, equipamento de teste, e formação do pessoal disponível. A meta do planeamento da manutenção é tornar a manutenção de um equipamento ao nível mais baixo possível, ou junto do operador do equipamento. Conseguir-se a divisão da manutenção em níveis, resulta na redução do intervalo de tempo que o equipamento está à espera de manutenção quando avaria e na redução da quantidade de recursos a disponibilizar para o suporte da manutenção

Manutenção organizacional ou *Nível O* é a manutenção desempenhada pelo operador do equipamento. A capacidade do *Nível O* é, normalmente, limitada ao serviço de rotina no equipamento, verificação técnica da operação (*troubleshooting*) para identificar falhas, e remoção/substituição de componentes principais. Os factores que limitam a manutenção no *Nível O* são; as ferramentas; o equipamento de teste; e a formação das pessoas. Usando como exemplo um bloco electrónico, a manutenção de *Nível O* pode estar limitada à execução do teste diário do equipamento, para determinar o estado da sua capacidade para o cumprimento da sua missão, limitando-se a retirar o item quando este avaria, e substituí-lo por outro novo. Não é demais salientar que, no *Nível O*, a missão do utilizador é manter o equipamento em utilização plena; no entanto, o planeamento da manutenção deve

considerar todas as possibilidades para intervenções de curta duração, com o intuito de manter o equipamento operacional. É vulgar que no *Nível O* as acções de manutenção são executadas num tempo médio de reparação, MTTR (*Mean Time To Repair*) inferior a uma hora.

As acções de manutenção que não são incluídas nas capacidades do *Nível O*, são passadas para o nível superior seguinte, o *Nível I*. O *Nível I* tem capacidade para desempenhar manutenção mais específicas, pois que a sua missão principal é fornecer suporte de manutenção para unidades subordinadas. Uma vez que a complexidade das tarefas de manutenção aumentou, no *Nível I*, existe um leque extenso de ferramentas e equipamento de teste disponíveis, estando as pessoas sujeitas a formação por forma a desempenhar as tarefas de manutenção requeridas. A manutenção de *Nível I*, no exemplo do bloco electrónico, pode consistir no teste do mesmo, retirado pelo *Nível O*, para o reparar e substituir os módulos (por ex; placas electrónicas) avariados do bloco em causa. Nalguns casos, o *Nível I* também repara placas electrónicas, substituindo componentes avariados. Uma intervenção deste tipo só é possível se o equipamento de teste requerido estiver disponível, permitindo isolar o componente avariado e seguidamente testar as unidades após a acção correctiva. Claro que as pessoas também devem ter formação neste sentido, senão nunca poderiam cumprir este tipo de tarefas.

As acções de manutenção que não podem ser executadas pela manutenção de *Nível O*, e pela de *Nível I* são passadas ao *nível principal*, isto é, à manutenção de *Nível D*. Em último caso, a manutenção de *Nível D* tem capacidade para resolver qualquer problema relacionado com as avarias do equipamento. A manutenção de *Nível D*, normalmente, dispõe de todo o tipo de ferramentas, equipamento de teste, e *know-how* para a execução das suas tarefas. A manutenção de *Nível D* está capacitada para fabricar partes estruturais, proceder a vistorias de aperfeiçoamento, e reconstruir completamente o equipamento. Referindo novamente o exemplo do bloco electrónico, o *Nível D* tem que ser capaz de recolocar todos os componentes nas placas electrónicas, fabricar substitutos para partes danificadas, ou reconstruir o bloco electrónico na sua totalidade.

A Figura 6.1 mostra o relacionamento entre os diferentes níveis de manutenção. Um único núcleo principal de manutenção *Nível D* pode suportar diversos núcleos intermédios de manutenção *Nível I*, e cada núcleo intermédio pode suportar vários de manutenção de *Nível O*.

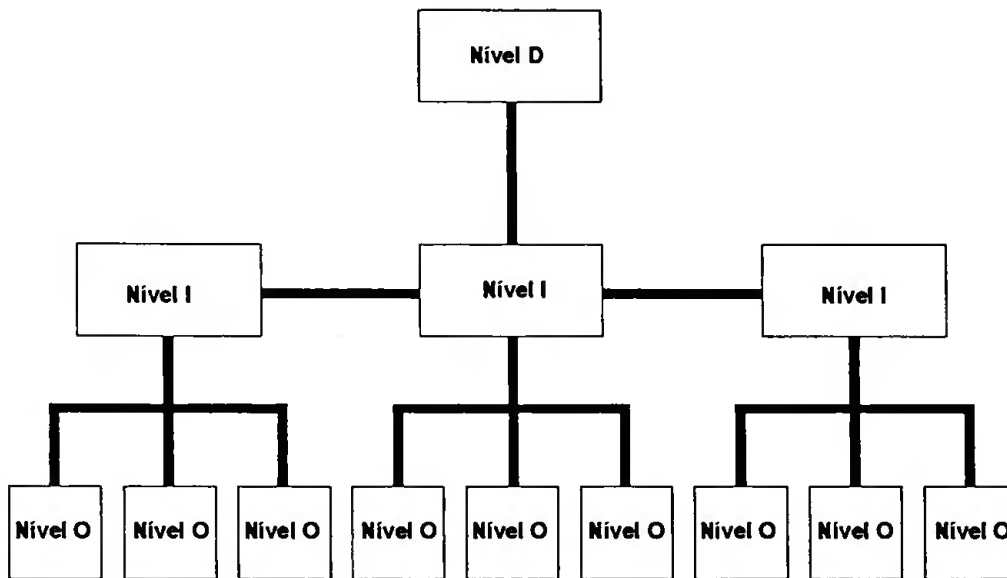


Figura 6.1 - Relacionamento entre os níveis de manutenção

Este tipo de estrutura de manutenção consolida as acções de manutenção e requer: ferramentas mais sofisticadas e dispendiosas; equipamentos de teste; e formação superior nos níveis mais elevados, reduzindo o custo global, do desempenho, da manutenção (Jones, 1994).

É de considerar um nível de manutenção adicional quando se estabelece um contrato de manutenção com o fabricante do sistema, ou com uma empresa de prestação de serviços. A decisão de contratar manutenção também pode constituir uma alternativa a um ou mais níveis de manutenção, dos descritos acima. Este tipo de decisão tem como base, normalmente, critérios de ordem económica ou de tipos de tecnologia do sistema que é utilizado na empresa.

3. TAREFAS DE MANUTENÇÃO

O tópico seguidamente a discutir, no planeamento de manutenção, posteriormente ao “*quem faz a manutenção*”, é “*que manutenção deve ser feita*”. Através da informação da FMECA (*Failure Modes, Effects, and Criticaly Analysis*, é uma ferramenta de engenharia que permite: a identificação de todas as causas prováveis que podem levar à falha de um equipamento, e de todas as consequências que daí possam advir para o cumprimento da missão para que foi concebido; a identificação de indicadores de falhas, por forma a facilitar o operador do equipamento na detecção da avaria; e a previsão da percentagem de falhas em cada item ou parte do equipamento, com a descrição da causa, do efeito, identificação dos métodos requeridos para o seu isolamento, e acções correctivas necessárias para a reposição da operacionalidade do mesmo.) o planeamento da manutenção determina as *tarefas de manutenção* que devem ser executadas para reparar, ou prevenir, as possíveis falhas identificadas. *Tarefas de manutenção*, são acções simples que podem ser combinadas passo-a-passo com os procedimentos de desempenho da manutenção. As *tarefas de manutenção* mais comuns são definidas pelo MIL-STD 1388-2B - Military Standar 1388-2B, que constituem informações importantes para o desenvolvimento de uma base de dados de apoio à LSA.

Essas tarefas são as seguintes:

- ◇ *Acesso* - desempenhar as operações necessárias por forma a ter acesso ao nível inferior seguinte ou a um item que bloqueie o acesso ao que está sob análise;
- ◇ *Ajuste* - manter ou regular, dentro de limites pré-definidos, os valores ou posições exactas, ou fixar características de operação para parâmetros específicos;
- ◇ *Alinhamento* - ajustar os elementos específicos variáveis de um item para levá-lo à situação ideal, ou ao desempenho desejado;
- ◇ *Calibração* - determinar o valor exacto, desvio ou variações, através de medidas especiais, ou por comparação com um padrão;

- ◇ *Desmontagem/montagem* - transformar em peças; decompor, separadamente, todas as peças até à unidade mais pequena, ou descer até todas as partes desmontáveis;
- ◇ *Localização do defeito* - o processo de investigação e detecção da causa do mau funcionamento do equipamento: acto de isolar a falha no item, no equipamento;
- ◇ *Inspecção* - determinar o grau de operacionalidade de um item ou detectar pequenas falhas através de comparação com padrões pré-estabelecidos para o efeito;
- ◇ *Instalação* - desempenhar funções necessárias para colocar, convenientemente, uma peça/componente reparado no equipamento num nível de montagem superior;
- ◇ *Lubrificação* - aplicar uma substância (por exemplo óleo, massa, grafite) para reduzir fricção;
- ◇ *Operação* - controlar o equipamento por forma a poder corresponder a um objectivo específico;
- ◇ *Visita/Vistoria* - esforço de manutenção para repor um item na sua capacidade de operar em pleno. Esta visita/vistoria corresponde normalmente ao nível de desempenhado da manutenção mais elevado;
- ◇ *Embalamento/desembalamento* - preparar o equipamento para armazenamento e transporte. Também inclui as acções requeridas para desembalar o equipamento;
- ◇ *Preservação* - desempenhar funções necessárias para manter/tratar o equipamento, quando instalado ou armazenado, por forma a mantê-lo em condições satisfatórias;
- ◇ *Remoção* - desempenhar funções necessárias para retirar uma peça/componente reparado de um nível de montagem superior;
- ◇ *Reparação* - utilizar acções de manutenção correctiva ou tarefas pré-definidas para repor as condições de operacionalidade de um item, junções, módulos, ou componentes. Também devem ser utilizadas tarefas pré-definidas ou acções de manutenção para reparar um item removido, que tenha sido substituído por outro, através da identificação da avaria e possível origem da mesma. As acções de reparação incluem

sequências discretas de procedimentos, para a localização do defeito, correcção do defeito ou do mau funcionamento, e verificação após reparação;

- ◊ *Substituição* - Substituir itens funcionais que apresentem mau funcionamento, estejam estragados ou que apresentem desgaste;
- ◊ *Serviço* - operações periódicas necessárias para manter as condições de operacionalidade de um item, isto é, limpar, repor o nível de óleo, drenar, pintar, lubrificar, fluidos ou gases;
- ◊ *Teste* - verificar a capacidade de desempenho de um item através de medidas mecânicas, pneumáticas, hidráulicas, ou de características eléctricas e compará-las com os padrões pré-definidos;

Melhor do que tentar descrever cada uma destas tarefas de manutenção, é utilizar um exemplo. O exemplo que damos refere-se à reparação de uma avaria, utilizando passos típicos da execução de tarefas de manutenção.

Uma placa de controlo de um item de um equipamento electrónico deixa de funcionar correctamente. Assumimos que o serviço é prestado nos três níveis de manutenção descritos anteriormente, e que este equipamento electrónico é um componente de um sistema principal. O processo de planeamento de manutenção para resolver esta é recomendado do seguinte modo:

1º passo - A avaria ocorre.

2º passo - O operador do sistema detecta a existência da avaria, porque a máquina aborta. Ao utilizar um teste de funcionamento, o operador consegue isolar a unidade avariada no equipamento electrónico.

3º passo - A unidade avariada é retirada e substituída por outra. Esta é a forma mais rápida de tornar o sistema novamente operacional.

4º passo - Quando a unidade nova é colocada no sistema o operador testa-o para se assegurar que a unidade substituída correspondia realmente à da avaria. (Nesta altura, a avaria do sistema foi resolvida, mas a falha na unidade no equipamento electrónico não foi isolada. O operador envia a

unidade avariada para um núcleo de manutenção de suporte intermédia).

5º passo - Após recepção da unidade avariada, o núcleo de suporte de manutenção testa a unidade, isolando a avaria num dos módulos da unidade. O teste indica que a placa electrónica onde ocorreu a falha é a de controlo.

6º passo - O pessoal da manutenção abre a unidade.

7º passo - O item avariado é retirado e substituído por outro.

8º passo - A unidade é fechada.

9º passo - A unidade é testada para assegurar que a avaria foi resolvida pela substituição do item em causa. (Neste momento a unidade electrónica está reparada mas a placa electrónica de controlo continua avariada. Desde que este suporte de manutenção não tenha capacidade para isolar a avaria na placa, esta deve ser enviada ao nível superior de manutenção da empresa).

10º passo - A placa avariada é testada, após recepção, para determinar exactamente que componente do circuito avariou. O teste identifica um transístor estragado.

11º passo - A placa avariada é reparada através da remoção do transístor avariado e substituição por outro equivalente.

12º passo - A placa reparada é testada por forma a ficar assegurada a sua funcionalidade.

Através da execução destes doze passos, a avaria fica resolvida. Pode parecer uma forma de contornar o modo de fazer manutenção, mas o conceito de limitação de capacidade para execução das tarefas, nos diferentes níveis de manutenção, e fazer a passagem de unidades e itens para níveis de suporte mais elevados é o custo efectivo, resultando no aumento de disponibilidade do sistema. Seria possível conceder a possibilidade do operador substituir o transístor mas, a quantidade de recursos (equipamento de teste, manuais técnicos, peças de substituição, e formação do operador) requeridos para realizar essa acção seria irrealista. Este método permite que o sistema fique disponível e operacional num

período de tempo bastante curto. Se fosse dada ao operador a possibilidade de substituir o transístor danificado, o sistema poderia ter estado indisponível durante bastantes horas, ou mesmo dias.

A Tabela 6.1 mostra como estes doze passos poderão ser documentados, utilizando os níveis e as tarefas de manutenção descritas atrás. Note-se que as tarefas de manutenção proporcionam um processo passo-a-passo para completar os requisitos da acção de resolução da avaria.

| Passo | Tarefa de manutenção | Nível de manutenção | | |
|-------|------------------------------------|---------------------|---|---|
| | | O | I | D |
| 1 | Ocorrência da avaria no sistema | | | |
| 2 | Localização da falha no sistema | X | | |
| 3 | Remoção/substituição da unidade | X | | |
| 4 | Teste do sistema | X | | |
| 5 | Localização da falha na unidade | | X | |
| 6 | Desmontagem da unidade | | X | |
| 7 | Remoção/substituição da placa | | X | |
| 8 | Montagem da unidade | | X | |
| 9 | Teste da unidade | | X | |
| 10 | Localização da falha na placa | | | X |
| 11 | Remoção/substituição do componente | | | X |
| 12 | Teste da placa electrónica | | | X |

Tabela 6.1 - Tarefas de manutenção para uma acção de reparação

4. ANÁLISE DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO

As acções de manutenção não podem ser desempenhadas sem os recursos necessários, tais como meios humanos, ferramentas, equipamento de teste, peças de substituição, recursos apropriados, formação e tempo. Esta proposta de análise de tarefas de manutenção permite a identificação destes recursos, passo-a-passo, para cada uma delas. Como cada passo de uma tarefa é analisado individualmente identificam-se os recursos necessários para suportar cada passo da tarefa.

Do passo 5 ao passo 9 do cenário da reparação, ilustrado na Tabela 6.1, podem ser combinados numa acção de manutenção simples. A Figura 6.2 mostra uma folha de análise de tarefas de manutenção, na qual se ilustra detalhada e sequencialmente a acção de manutenção em questão. A resultante desta análise indica: o tempo necessário para o desempenho destas tarefas; o nível do pessoal que executou as tarefas; as ferramentas e equipamento de teste utilizados; a formação recomendada; e as peças substituídas. Este processo é repetido para cada acção de manutenção identificada pela FMECA, como os requisitos para a resolução de uma avaria. A análise das tarefas de manutenção gera uma bases de dados extensa que fornece informação de suporte para o ILS (*Integrated Logistic Support.*, é a gestão disciplinada e unificada do suporte técnico logístico do produto. A organização do ILS contém elementos especificamente direccionados para aspectos como: Planeamento da manutenção; Mão-de-obra e pessoal especializado; Fornecimento de suporte; Equipamento de suporte e teste; Formação e dispositivos para treino; Documentação técnica; Recursos informáticos; Empacotamento, manuseamento e facilidade de transporte; Recursos; e, Fiabilidade e Manutenência.).

| NOME DO ITEM: <i>Unit. C.</i> Nº ID da PEÇA <i>2345-6</i> EQP: <i>Controler</i> Nº ID do EQP: <i>36548-6</i> | | | | | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------------------------------|-------------|-----------------------|---------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| Nível de manutenção: | | ORG | | PRI | | DESCRIÇÃO DA TAREFA: <i>Manutenção de unidade de</i> | |
| TIPO DE MANUTENÇÃO: | | PROG | | INT | | <i>por avaria/Análise de peça elétrica</i> <i>na avaria</i> | |
| Tarefa Nº | Passo Nº | Descrição da tarefa/passo | Tempo Manut | Nº Pess | Tempo Perdido | Tempo Total | Equipamento de suporte requerido |
| 046 | 001 | <i>Localizar de unid. avaria</i> | 0.05 | 1 | 0.05 | 0.05 | <i>Unid. teste P/N 1614-5</i> |
| | 002 | <i>Remover a unidade</i> | 0.02 | 1 | 0.02 | 0.02 | <i>Chave hexagonal P/N AC/431</i> |
| | 003 | <i>Remover/Inst. peça elect. avaria</i> | 0.02 | 1 | 0.02 | 0.02 | <i>Chave hexagonal P/N 233-A6</i> |
| | 004 | <i>Manter a unidade</i> | 0.02 | 1 | 0.02 | 0.02 | <i>Chave hexagonal P/N AC/431</i> |
| | 005 | <i>Teste unidade</i> | 0.05 | 1 | 0.05 | 0.05 | <i>Unid. teste P/N 1614-5</i> |
| Totais de tempo e pessoal | | | | | 0.16 | 0.16 | |
| Executado por: <i>J. Oliveira Laranjeira</i> | | | | Data: <i>16/10/54</i> | | | |

Figura 6.2 - Análise das tarefas de manutenção (cedido pela F.A.P.)

O somatório dos resultados completos da análise de todas as tarefas de manutenção de um determinado item, de um equipamento, deve identificar todos os recursos de suporte, em termos de quantidade e tipo, requeridos para desempenhar a manutenção. Pela soma dos tempos despendidos por nível de manutenção, é identificado o pessoal necessário, para garantir a execução daquelas tarefas, em cada nível identificado. Este é um método ensaiado e provado para o desenvolvimento de um pacote de suporte logístico total, para um item de um equipamento.

O planeamento de manutenção divide a manutenção necessária em dois tipos: *programada* e *não programada*. A distinção entre estes dois tipos de manutenção é por si só evidente. As acções de *manutenção programada* são aquelas que são desempenhadas em intervalos de tempo específicos. Estes intervalos podem ser medidos pelo calendário (dias, semanas, meses), ou podem ser baseados na utilização do equipamento (horas, km, saídas, etc.). *Manutenção não programada* é aquela que é desempenhada com base na necessidade de reparar um equipamento quando avaria.

Estão identificadas as tarefas de manutenção requeridas como suporte de um item de um equipamento. As decisões que determinam se devem ser tarefas programadas ou não programadas surgirão facilmente na maioria dos casos. Por exemplo, o senso comum diria que algumas tarefas, tais como, mudar óleo ou verificar pneus, deveriam ser programadas em função do tempo de utilização do veículo. A execução de tarefas programadas podem evidenciar o custo efectivo para o desempenho de outras tarefas programadas por forma a prevenir falhas nos equipamentos, antes que ocorra a avaria. Estas tarefas de *manutenção programadas* são chamadas de *tarefas de manutenção preventiva*.

Como já referimos atrás, o planeamento da manutenção começa na fase de pré-concepção do equipamento e continua através do desenvolvimento da engenharia e da produção do mesmo, como mostra a Tabela 6.2. O planeamento detalhado da manutenção é necessário para estabelecer a totalidade dos requisitos de suporte para o equipamento durante o seu período de vida útil. Uma falha no planeamento de manutenção pode resultar na insuficiência de recursos de suporte a disponibilizar para a manutenção, e por conseguinte, na degradação da capacidade do equipamento para o desempenho da missão que lhe está atribuída.

PLANEAMENTO DE MANUTENÇÃO NA FASE DE AQUISIÇÃO

PRÉ-CONCEPÇÃO

- Desenvolvimento preliminar do conceito de manutenção.
- Identificação das capacidades de manutenção existentes.
- Preparação do plano de manutenção preliminar.

CONCEPÇÃO

- Actualização do conceito de manutenção com base no conceito do equipamento.
- Desenvolvimento preliminar dos requisitos manutenção.
- Actualização do plano de manutenção preliminar.

DEMONSTRAÇÃO/VALIDAÇÃO

- Actualização do plano de manutenção.
- Identificação inicial dos requisitos de suporte da manutenção.
- Validação do conceito de manutenção com base no desenho do equipamento.

ENGENHARIA E PRODUÇÃO DE DESENVOLVIMENTO

- Conduta detalhada da análise das tarefas de manutenção.
- Identificação completa e detalhada dos requisitos de suporte da manutenção.
- Actualização do plano de manutenção.
- Verificação da adequação do manual técnico para suporte de manutenção.
- Identificação do equipamento de suporte requerido para a manutenção.
- Identificação do pessoal de suporte requerido para a manutenção.
- Identificação das facilidades de suporte requeridas para a manutenção.
- Identificação dos requisitos de formação para a manutenção.

PRODUÇÃO

- Actualização do plano de manutenção.
 - Participação em alterações do desenho para melhorar a manutenção.
 - Uso de dados operacionais para verificação das capacidades de manutenção.
-

Tabela 6.2 - Planeamento de manutenção na fase de aquisição



Resumo:

Este capítulo explica a origem da manutenção. Refere a essência do conceito de manutenção, o seu planeamento e as suas tarefas. Faz ainda uma descrição acerca do contributo que advém da análise das tarefas de manutenção.

Os objectivos fundamentais deste capítulo são: Explicar o caminho que decorre desde a fase de pré-concepção de um equipamento ou sistema, até às acções de manutenção programada e não programada a ser levadas a cabo, no local onde será instalado; e fornece um suporte-base para o capítulo seguinte onde é tratada, concretamente, a manutenção programada, mais vulgarmente chamada de *Manutenção Preventiva*.

CAPÍTULO VII

MANUTENÇÃO PREVENTIVA E SEUS BENEFÍCIOS

1. MANUTENÇÃO PREVENTIVA

De acordo com Kröner (1991), o perfil do homem da manutenção do ano 2000 será função do ambiente político, económico e tecnológico. Se observarmos o tempo que as invenções levaram para ser aplicadas até aqui, é de se imaginar como o intervalo entre invenção e aplicação diminuirá cada vez mais, exigindo novos conhecimentos, novas técnicas e novas pesquisas. A Tabela 7.1 é bem ilustrativa da diminuição que tem vindo a existir entre a invenção e a sua aplicação.

| Transformações Tecnológicas | | | |
|------------------------------------|------------|-----------|------|
| | Descoberta | Aplicação | Anos |
| Fotografia | 1727 | 1839 | 112 |
| Telefone | 1820 | 1876 | 56 |
| Rádio | 1867 | 1902 | 35 |
| Radar | 1925 | 1940 | 15 |
| Televisão | 1922 | 1934 | 12 |
| Fusão nuclear | 1939 | 1945 | 6 |
| Transistor | 1948 | 1953 | 5 |
| Circuito integrado | 1958 | 1961 | 3 |

Tabela 7.1 - Transformações tecnológicas

O panorama actual mostra-nos que só com elevados níveis de produtividade os fabricantes terão capacidade para conseguir obter sucesso num mercado onde o cliente poderá escolher produtos de qualidade superior, a preços competitivos.

A flexibilidade e a criatividade que visam permitir o fabrico de muitos produtos de substituição rápida, estão relacionadas fortemente com a produtividade. Então competir a nível mundial só será possível com produtos de alta qualidade e

sofisticação, a preços que os transformem em objectos de uso generalizado pelos consumidores.

As máquinas destinadas ao fabrico destes produtos são caras e deverão trabalhar ininterruptamente ao longo de todo o ano. A produtividade de 365 dias por ano ocorrerá em máquinas em que a actividade directa do homem da produção, será praticamente nula. A produção deixa de ser dependente do indivíduo que liga e desliga, coloca e retira a peça. O binómio alta produção = alta produtividade será a resultante da participação de todos os intervenientes no processo produtivo, que se inicia na ideia do produto e dos meios de fabrico, e termina nas necessidades de paragem para manutenção. Desde o início deste processo produtivo a manutenção terá sempre um papel fundamental, uma vez que cada vez mais se tem menos pessoas directamente na produção, e em compensação teremos mais na manutenção. Se actualmente se ocuparem 10 pessoas na produção contra 1 na manutenção (10%), o futuro deverá exigir 2 a 3 pessoas da manutenção para cada 1 na produção (200 a 300%) (Mirshawka, 1991).

A exigência de elevados níveis de produtividade e a interligação das máquinas nos modernos processos de fabrico exigem que se dê mais atenção a cada elo da linha de fabrico. Assim, a manutenção será reconhecida como parceira decisiva na obtenção de produtividade e conseqüente como competitiva.

A substituição do conceito de *manutenção correctiva* pelo de manutenção planeada, fará desta área uma das mais importantes e complexas do processo produtivo. A manutenção planeada será a base sobre a qual acentará toda a manutenção do futuro. A *manutenção correctiva* tenderá a desaparecer por si só ou juntamente com as empresas que insistam em considerá-la como a única existente. Não que ela desapareça totalmente, mas se for considerada, só o será por excepção. Esta evolução exigirá dos responsáveis uma nova maneira de estar de acordo com as responsabilidades, implicando desde logo novos métodos de gestão, até conhecimentos e treino (Suzaki, 1987).

A manutenção visa sempre manter o estado original de funcionamento do sistema, ou reconduzi-lo ao estado original de funcionamento.

Um dos objectivos fundamentais do processo produtivo é garantir o estado original, dentro do menor custo e sem afectar a produtividade, avaliando correctamente o desgaste sem ultrapassar o limite de danificado.

Uma avaliação da actividade de manutenção na próxima década não será possível, sem uma visão das futuras tecnologias. Enquanto há vinte anos, os primeiros comandos numéricos eram vistos com muito cepticismo, a ponto de poucos acreditarem numa evolução significativa, hoje os CN - Controlo Numérico - e CNC - Controlo Numérico Computorizado - são partes integrantes de qualquer máquina, seja de uso industrial, comercial e até doméstico.

Assim como a máquina de calcular electrónica de operações básicas dos anos sessenta deu lugar ao computador de bolso, os comandos das máquinas foram substituídos por computadores que, além de comandarem as operações, controlam motores, monitorizam medidas e temperaturas, informam sobre fontes de defeitos.

A electrónica, definitivamente, invadiu a tecnologia pondo em segundo plano os problemas mecânicos e os de electricidade convencional. Por conseguinte, o conhecimento só de electrónica, de electricidade ou de mecânica não define o perfil do técnico de manutenção. Por isso, a exigência de elevado nível de produtividade terá como consequência, um retorno acentuado de informações do utilizador para o fabricante, obrigando este a conceber equipamentos isentos de falhas, ou onde se tornem mínimas as suas consequências, isto é, permitam a rápida eliminação das mesmas.

As tecnologias que anteriormente só eram comuns em produtos de alta segurança como os aviões, integram actualmente produtos do dia a dia. Se o cliente comum, hoje dispõe, por exemplo, de máquinas de lavar, que trabalham anos a fio, sem problemas, porque razão é que máquinas de elevado nível de produtividade não poderão oferecer condições de funcionamento igualmente seguras? Por mais que se deseje obter a máquina perfeita, ocorrerão sempre problemas que terão que ser resolvidos. Minimizar estes problemas será função conjunta da Manutenção e do Fabricante.

A manutenção é uma função logística dirigida ao material, no sentido de o conservar em condições de utilização, ou de o reparar reconstituindo aquelas condições (Jones, 1994). Conservar é, portanto, efectuar as operações que possibilitem manter o potencial do equipamento ou do sistema, para garantir a continuidade e a qualidade da produção. Conservar significa, pois, o estado de

estabilidade. Conservar bem, significa assegurar as operações a um custo global óptimo (Sistema de informação da área logística - DD - Abr/88 - F.A.P.).

Existem fundamentalmente três tipos principais de manutenção: *Manutenção correctiva*; *Manutenção sistemática*; e *Manutenção condicional*.

A *manutenção preventiva* é o conjunto formado pela *manutenção sistemática* e pela *manutenção condicional*. O esquema da Figura 7.1 ilustra bem a diferença entre as diferentes formas de manutenção.

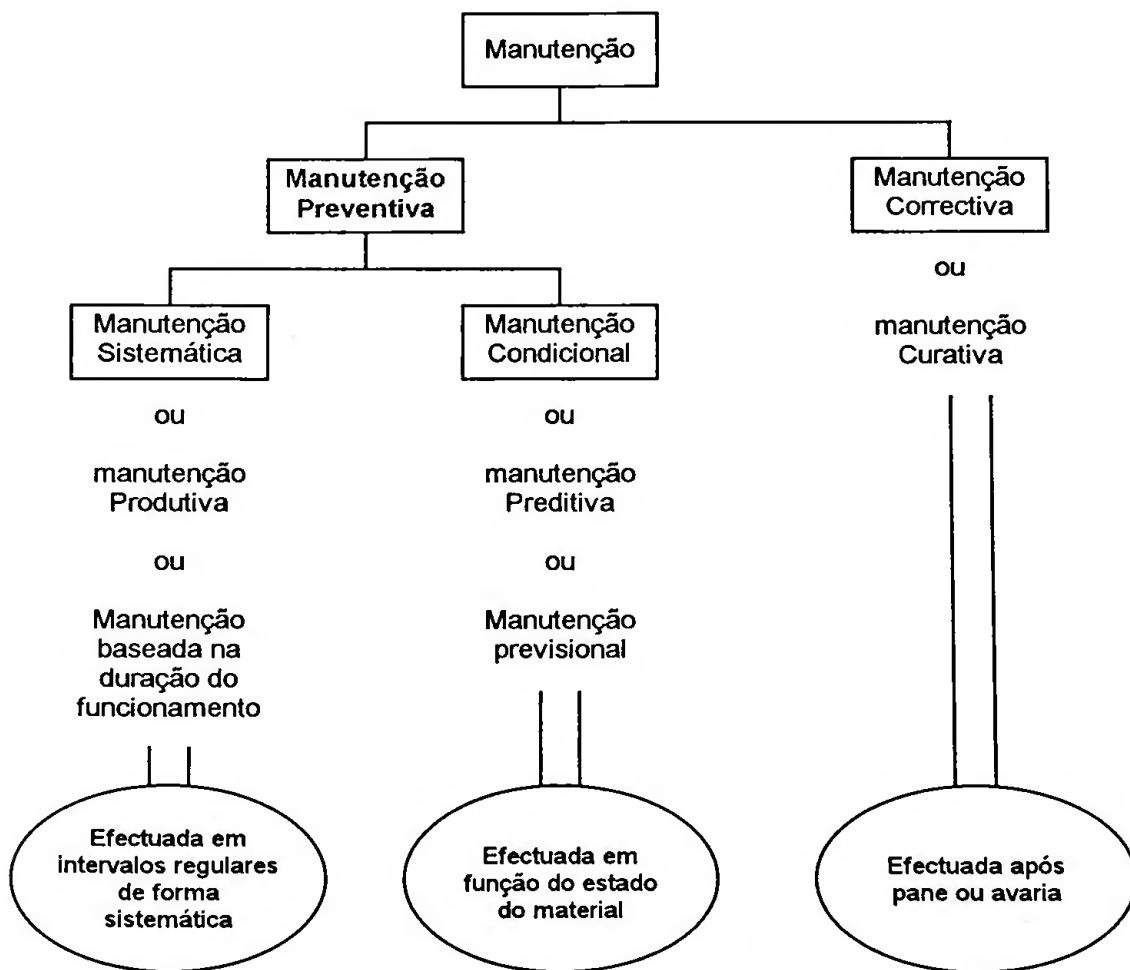


Figura 7.1 - As diferentes formas de manutenção

- A *manutenção correctiva* é uma política de manutenção que corresponde a uma reacção a acontecimentos mais ou menos aleatórios, e que se aplicam após a ocorrência da avaria.

Se numa empresa se aplicar apenas a *manutenção correctiva*, os custos aumentam extraordinariamente à medida que os equipamentos vão envelhecendo, conforme se ilustram a Figura 7.2.

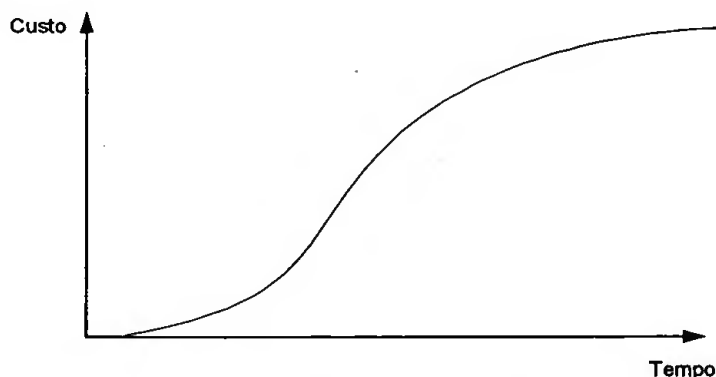


Figura 7.2 - Curva de custo das reparações aplicando-se apenas manutenção correctiva

A quebra não prevista traduz-se numa paragem brusca e imprevista na produção, conduzindo geralmente a grandes prejuízos e à perda de tempo na produção, como se ilustra na Figura 7.3.

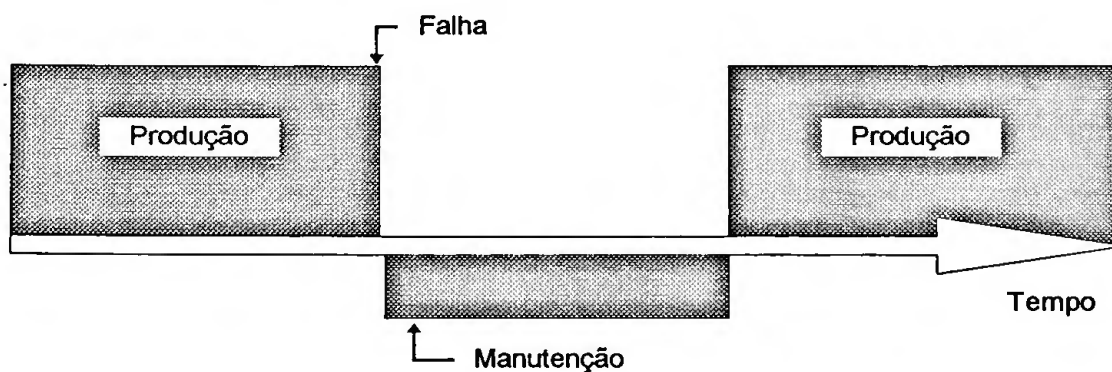


Figura 7.3 - Perda de tempo de produção numa paragem inesperada

■ A *manutenção sistemática* é a manutenção preventiva efectuada segundo um programa estabelecido, em função do tempo ou do número de unidades de utilização, sendo a *manutenção preventiva*, aquela que é efectuada segundo critérios pré-estabelecidos, com a intenção de se reduzir a probabilidade de falha.

A *manutenção sistemática* é efectuada em intervalos fixos, baseando-se numa expectativa de vida mínima dos componentes, de acordo com as indicações dos fabricantes dos equipamentos. Estes intervalos são frequentemente

determinados com auxílio da teoria da probabilidade e da estatística (Lei de Weibull). Estes intervalos representam o período ao fim do qual, a taxa de falhas acumuladas não supere um determinado valor (digamos 1%). Este tipo de manutenção também é designado por *manutenção preventiva*, precisamente por ter como base a duração de funcionamento adequado. Desta forma, o custo de garantia da disponibilidade do equipamento ou da máquina de produção, diminuirá com o tempo, quando se subtrair ao mesmo, os custos das reparações evitadas. A Figura 7.4 ilustra a curva de custo da manutenção sistemática.

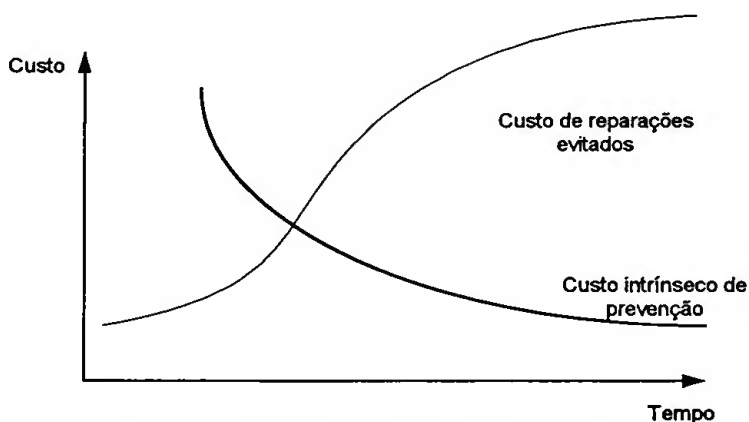


Figura 7.4 - Curva de custo das de manutenção sistemática

A Figura 7.5 mostra a paragem prevista e programada da produção, o que minimiza a interrupção da mesma.

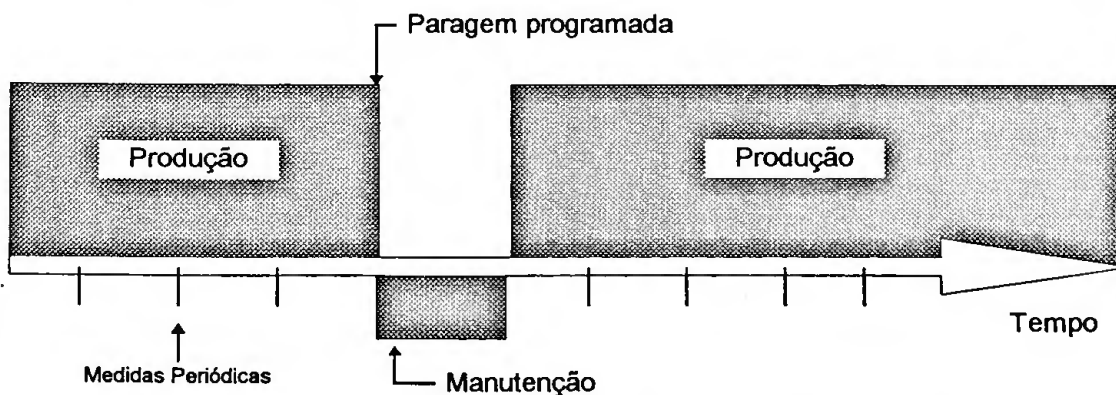


Figura 7.5 - Esquema representativo de uma paragem de produção programada

A *manutenção sistemática* tem diversas vantagens tais como o custo: de cada operação é pré-determinado; a gestão financeira do serviço é facilitada; e as

paragens da produção são programadas de acordo com a mesma. Mas, o custo destas operações torna-se maior devido à periodicidade da manutenção. Para minimizar o risco de quebra ou pane, substituem-se e deitam-se fora materiais ainda em bom estado.

Na sequência desta constatação surge o conceito de *manutenção inteligente*, ou seja, intervir apenas quando é realmente necessário (Caple, 1987). Este tipo de manutenção, mais conhecida por *manutenção condicional* é uma manutenção preventiva subordinada a um tipo de acontecimento pré-determinado, (auto-diagnóstico, informação de um utilizador, medida de desgaste, etc) revelador do estado de degradação de um equipamento.

■ A *manutenção condicional* permite reajustar as previsões das operações de manutenção a executar. A tendência evolutiva do funcionamento não adequado, detectado no equipamento ou na máquina, e o tempo durante o qual é possível continuar a utilizá-lo antes da avaria, permite reajustar as previsões das operações a executar.

Estas estimativas fazem-se a partir de análises periódicas do estado de cada equipamento, obtidas pelos métodos da *manutenção condicional* e da utilização de modelos de desgaste (ex: estudo de vibrações, sistemas especialistas (Tavares, 1987), ultra-som, magnetoscopia, etc) (Gertsbakh, 1977). A opção de *manutenção condicional* implica que se intervirá sobre uma máquina condicionalmente, isto é, se certos parâmetros evoluírem de forma significativa.

A manutenção condicional possui três fases:

- 1) *Deteção do defeito* que se agrava - o seguimento da evolução da anomalia permite identificar características de referência para acompanhar e comparar a evolução de eventuais defeitos posteriores. (Figura 7.6)
- 2) *Elaboração do diagnóstico* - Só após a realização do diagnóstico é possível detectar a origem e a gravidade do defeito constatado, para se posteriormente programar a reparação.

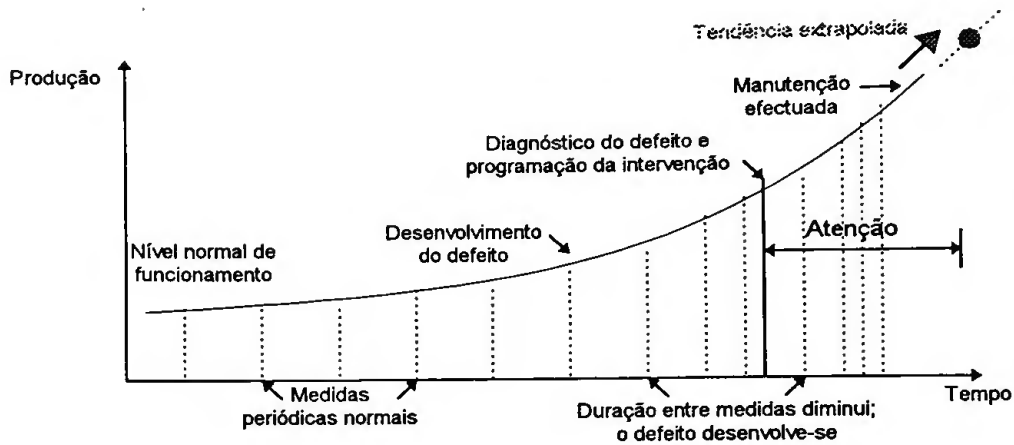


Figura 7.6 - Análise de defeito

3) *Análise da tendência* - permite determinar o tempo que se dispõe antes da quebra, ou da avaria propriamente dita.

Deste tipo de *manutenção preventiva* é fácil fazer uma primeira análise do custo/benefício das operações necessárias para a colocar em prática. Veja, conforme se ilustra na Figura 7.7

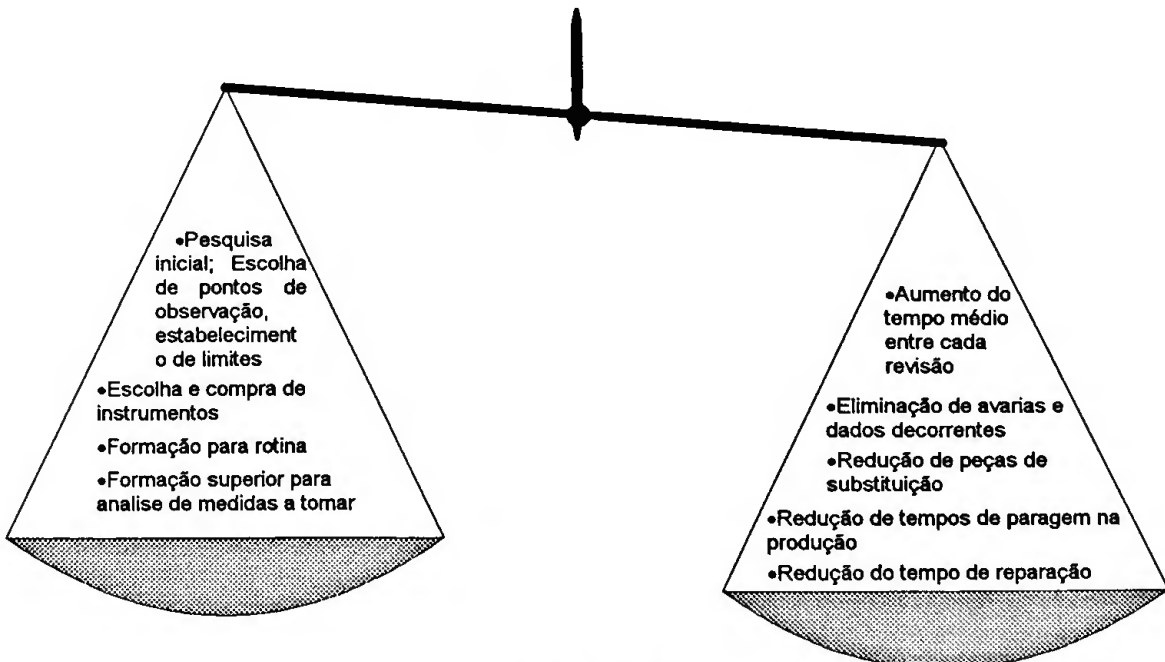


Figura 7.7 - Peso da manutenção condicional

Esta manutenção permite, portanto (Boucly, 1988):

- Um nível de produtividade superior e custo de manutenção reduzido;
- Uma produtividade e fiabilidade superior;
- A minimização de acontecimentos do tipo: rolamento gripado que pode acarretar a destruição de uma caixa de transmissão de um motor;
- A não substituição de componentes em bom estado;
- A previsão das necessidades de peças de reposição.

As refinarias e as indústrias químicas adoptam, na sua maioria esta técnica e conseguem economias substanciais devido a uma maior disponibilidade de todos os equipamentos e ao correspondente aumento de produção (Kelly e Harris, 1988).

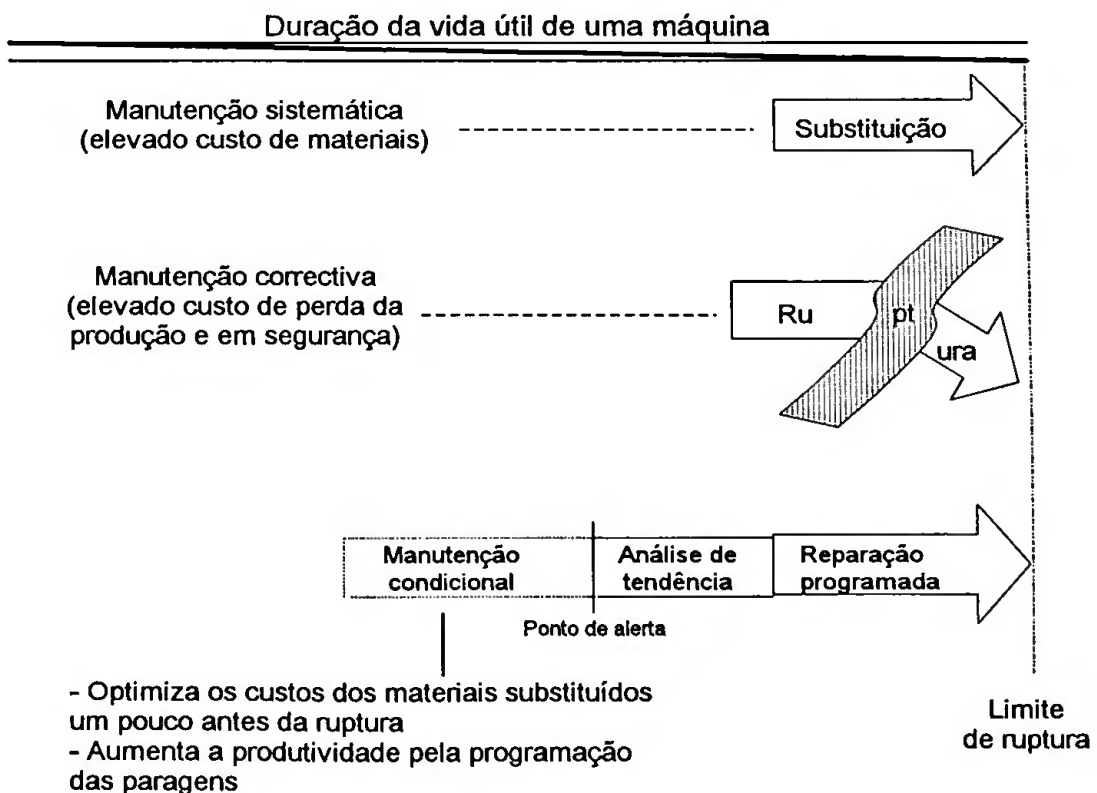


Figura 7.8 - As três formas de manutenção

A *manutenção condicional* deverá estender-se a todas as empresas de produção e serviços. Os exemplos de sucesso são inúmeros, como é o caso dos motores da ABB, e o interesse de poder detectar rapidamente as anomalias - sem mesmo desmontar a máquina - assim como, o de poder prevenir a pane e prever a reparação o mais tarde possível - em função dos imperativos da produção - tornam a *manutenção condicional* a forma mais eficaz da manutenção moderna, permitindo, deste modo, um aumento perceptível da produtividade da empresa (Mirshawka, 1991).

A finalizar este ponto, as Figura 7.8 e 7.9, que representam resumidamente as diferentes formas de manutenção.

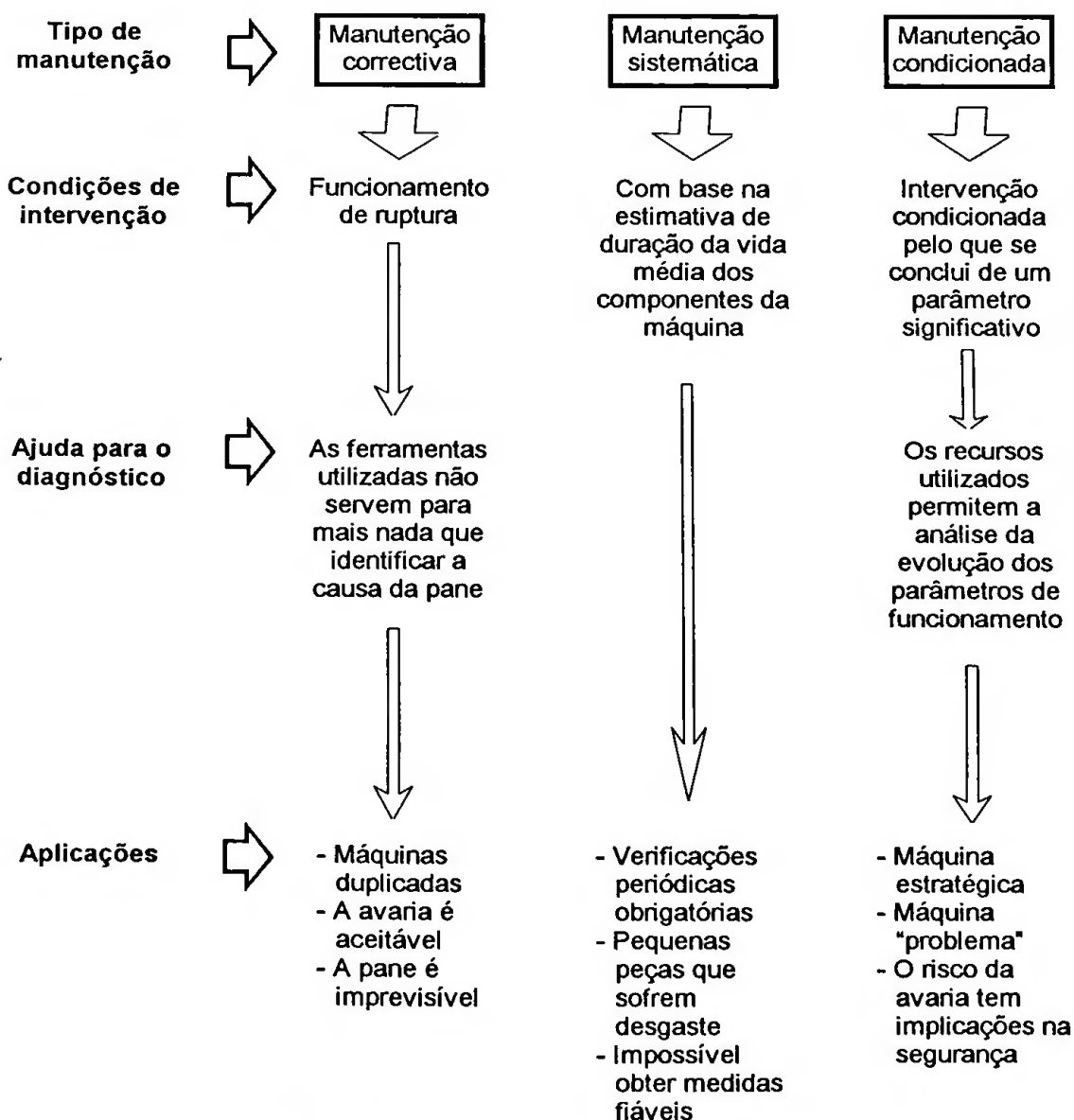


Figura 7.9 - Recapitulação sintetizada dos três tipos de manutenção

2. LIMITE DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA - ZERO DEFEITO

Um elo normalmente aberto nas empresas que procuram atingir produção de nível mundial é a falta de atenção que se dá às actividades de manutenção (Suzaki, 1987).

O mais interessante é que muitas dessas fábricas têm à sua disposição os meios mais sofisticados, e vários programas de manutenção computadorizados. Contudo, isto de nada adiantaria se não conseguir o efeito combinado dos operadores, da gestão, das equipas de manutenção e de outras pessoas de apoio, procurando todas juntas, a manutenção produtiva ampla.

Da mesma maneira que a qualidade deve ser procurada na fonte e não na inspecção, o *Zero Defeitos* de máquinas só será conseguido a montante, isto é, na própria máquina.

Se uma empresa desejar uma melhoria continuada relativamente à concorrência, deve intensificar as actividades de manutenção para alcançar a excelência produtiva. Desta forma, para se tornar competitiva na produção, todas as quebras, problemas e paralisações de máquinas não planeadas precisam de ser eliminadas. As máquinas devem ser mantidas de tal forma que, possam ter uma taxa de utilização de 100% para uso imediato (Hicks, 1994).

O esquema da Figura 7.10 permite responder à questão de como prevenir quebras e defeitos em máquinas.

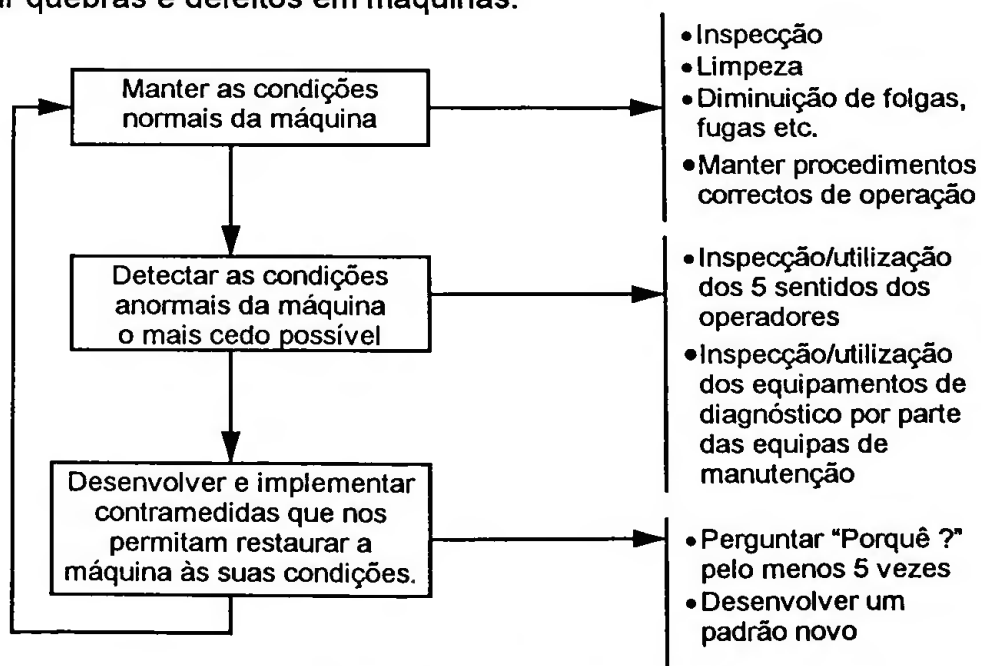


Figura 7.10 - Esquema de prevenir quebras e defeitos em máquinas

Foi o Dr. Taiichi Ohno, da Toyota, que implementou a técnica do levantamento de questões, para chegar às respostas que possibilitem impedir a reocorrência dos problemas. Esta técnica, só a título de curiosidade, consiste em perguntar cinco vezes “Porquê ?” até se perceber a verdadeira causa do problema.

As máquinas não criam problemas por si só, mas sim as pessoas que as deixam avariar e ter defeitos. É de todo importante que as pessoas notem que as máquinas estão cada vez mais sofisticadas e capazes, porém a sua função básica não mudou. Por isso, o papel das pessoas torna-se mais importante à medida que as máquinas aumentam a sua complexidade.

Para ilustrar melhor o que afirmámos, vejamos mais minuciosamente a operação de uma fábrica típica, onde podemos constatar um grande número de factores, que contribuem para a avaria de uma máquina (Tabela 7.2).

| MÁQUINAS | OPERADORES | COMPONENTES DAS EQUIPES DE MANUTENÇÃO |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Sujas. | Não se preocupam com a sujidade. | Recolocam ou reparam as partes avariadas, porém não se preocupam sobre o possível motivo da quebra. |
| Lubrificador sujo. | Fazem erros na operação. | Não ensinam ou não trabalham em conjunto com os operadores nas tarefas de manutenção básicas ou nas mais simples e elementares |
| Reservatório de óleo alagado. | Não têm nenhum conhecimento do que é inspecção. | Não comunicam de forma eficiente e eficaz com os utilizadores. |
| Lubrificador vazio e sobreaquecimento do motor. | Não sabem (nem querem) efectuar qualquer tipo de inspecção nem mesmo simples. | Centram todos os seus esforços sobre avarias e problemas urgentes e esquecem de tratar problemas relacionados, neste caso com perdas de velocidade. |
| Vibração do motor. | Falta de conhecimento da própria máquina que operam (lubrificação, troca de partes, mudanças de ferramentas, ajustamentos). | Consideram que a deterioração da máquina é inevitável. |
| Dispersão de aparas. | Não recorrem a auxílio, nem quando o problema existe. | Procuram na maior parte das vezes, a solução em máquinas novas ou novas tecnologias, e não nos recursos disponíveis. |
| Dificuldade para inspecção. | Consideram a produção mais importante do que a boa manutenção da máquina. | etc. |
| Piso sujo. | | |
| Recipientes e itens desnecessários | Não têm controlo total sobre a máquina. | |
| Falta de organização | | |
| etc. | etc. | |

Tabela 7.2 - Alguns factores que conduzem à quebra de máquinas



Com o intuito de se obter das máquinas um desempenho de 100% é fundamental ter os operadores educados para detectar as condições anormais. O operador é o homem dos “primeiros socorros” da manutenção. Por exemplo, há relativamente pouco tempo, uma empresa japonesa descobriu que apenas ao se reabertar, sistematicamente dezenas de milhares de parafusos na sua fábrica ela eliminou 80% das quebras (Mirshawka, 1991).

Se por um lado a inspeção diária é um passo fundamental para uma melhor manutenção da máquina, a limpeza também está ligada à actividade de inspeção, formando a base para a TPM (*Total Productive Maintenance*) - uma actividade no qual se procura o envolvimento total do empregado, na procura de um desperdício mínimo nas operações de manutenção (Nakajima, 1989).

3. AS QUATRO FASES DA MANUTENÇÃO DE MÁQUINAS

Até agora só falámos no processo de resolução de problemas à medida que vão surgindo. Inclusivamente, foi feita referência à necessidade de identificar a causa dos problemas que existem nas linhas produtivas, questionando 5 vezes “Porquê?”. Falámos também da necessidade do processo de prevenção de problemas em máquinas através do envolvimento efectivo dos operadores na inspeção das mesmas.

O processo de melhoria - “*Kaizen*” - é uma combinação destes esforços. Os japoneses usam muito as chamadas *Kaizen Techniques* para melhorar as suas operações. Este procedimento envolve basicamente a cadeia de fornecimento, identificando todos os desperdícios existentes na mesma, e eliminando-os sistematicamente, através dos processos que identificámos acima (Paulett, 1993).

O esquema que descrevemos a seguir, designado por “As quatro fases da Manutenção” ajuda a eliminar os problemas de falhas de máquinas, de uma forma gradual. Este esquema foi originalmente descrito no Programa de Evolução do TPM editado por Seiichi Nakajima em 1985 (Mirshawka, 1991).

■ Na primeira das quatro fases de manutenção de uma máquina, ilustrada na Figura 7.11, predomina a deterioração forçada, em resultado dos operadores não se

responsabilizarem por fazer manutenção de rotina. Naturalmente, este comportamento tem que ser modificado.

1º Fase - Deterioração forçada

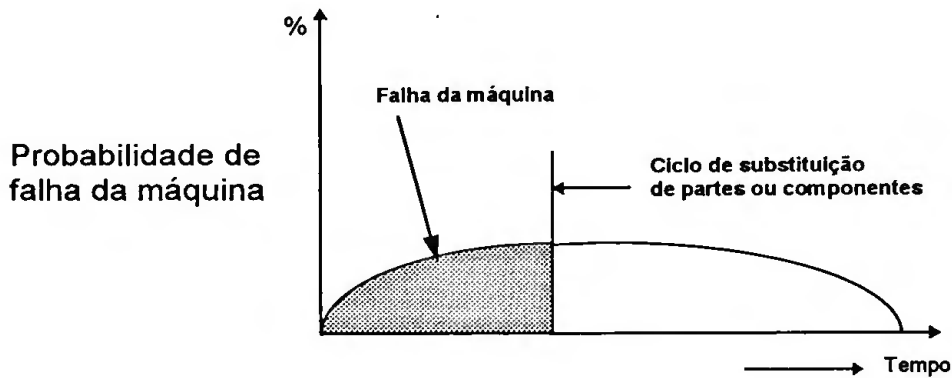


Figura 7.11 - 1º fase da manutenção de uma máquina - Probabilidade de falha da máquina

■ Na segunda fase, em que acontece a deterioração natural da máquina já se inicia um trabalho de *manutenção preventiva* periódica. As máquinas são operadas de acordo com as condições prescritas, em que é evidenciada a participação dos operadores nas tarefas de manutenção básica (limpeza, inspeção, ajustes, etc.). A probabilidade de falha da máquina, é ilustrada na Figura 7.12.

2º Fase - Deterioração natural

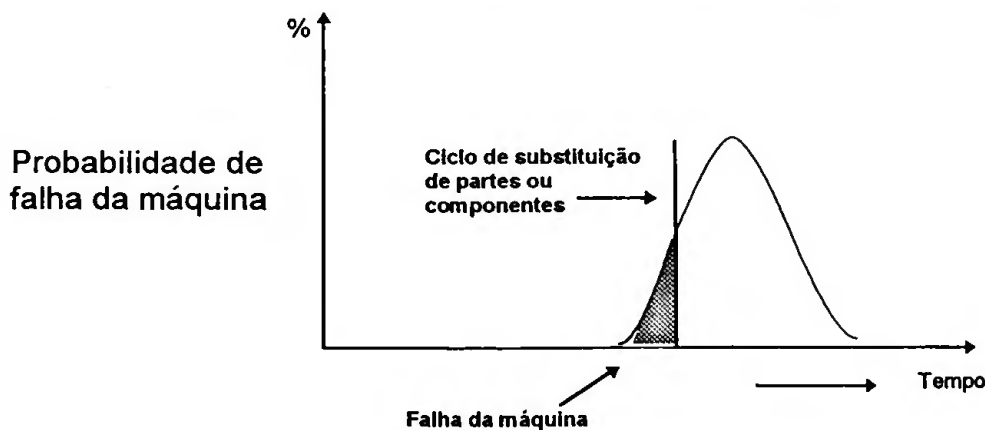


Figura 7.12 - 2º fase da manutenção de uma máquina - Probabilidade de falha da máquina

■ Na terceira fase, os esforços ocorrem de forma contínua para manter as máquinas na sua condição operacional. Os operadores estão envolvidos na

identificação de condições anormais, para prevenir a deterioração das máquinas. A probabilidade de falha da máquina, na terceira fase, é ilustrada na Figura 7.13.

3º Fase - Reprojecto da máquina; Melhoria na restauração da deterioração.

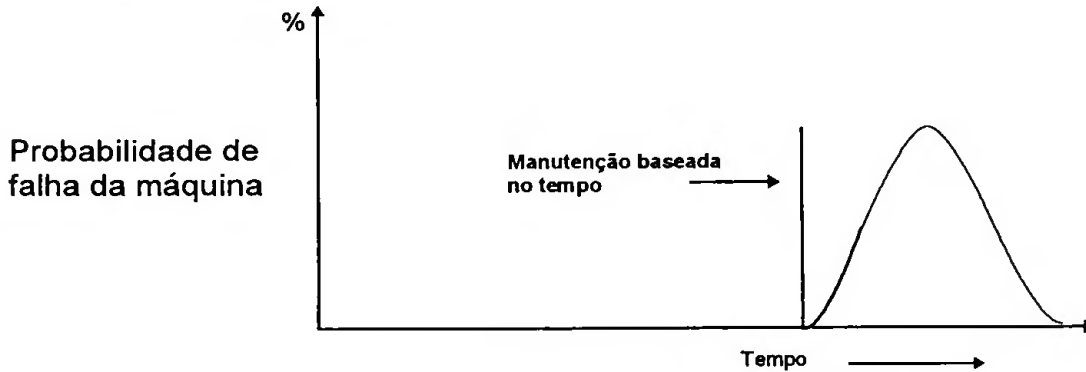


Figura 7.13 - 3º fase da manutenção de uma máquina - Probabilidade de falha da máquina

A aptidão dos operadores e das equipas de manutenção vão aumentando à medida em que aumenta a capacidade de impedir erros que possam causar operações inadequadas. Também são instalados mecanismos contra o erro humano ou *"foolproof mechanisms"*, diminuindo, em muito a possibilidade de operações incorrectas. Este processo inclui, por vezes, o redesenhar de algumas partes da máquina, para lhe aumentar o tempo de vida útil.

■ Na quarta fase surge a manutenção com base no estado da máquina - *manutenção condicional* - isto é, a condição da máquina é monitorizada constantemente de tal modo que a actividade de manutenção possa ser feita em momento oportuno. "Uma hora, gasta em manutenção pode economizar dezenas de horas de interrupção provocada por uma falha repentina de qualquer máquina" (Douchy, 1988; Boulenger, 1988; Monchy, 1987; Nakajima, 1989; Suzaki, 1987; Mirsshawka, 1991; Magee, Copacino e Rosenfield, 1985).

Com o uso de equipamentos de diagnóstico, a vida das partes ou componentes da máquina, e o nível de qualidade de peças fabricadas pode ser previsto e os custos de manutenção, por sua vez, reduzidos.

Em primeiro lugar, as máquinas são monitorizadas regularmente pelos operadores, que detectam a existência, ou não, da deterioração. Com estes

esforços, o próprio uso de certos tipos de equipamento de diagnóstico e de parâmetros de medida torna-se visível e efectivo.

Em segundo lugar, as máquinas têm que ser operadas sob as condições específicas, caso contrário “a monitorização pode resultar enviesada e a vida da máquina ser muito curta” (Boucly, 1988). Por outras palavras, o uso de equipamentos de diagnóstico pode ser comparado ao uso de robots em qualquer equipamento sofisticado. A Figura 7.14 ilustra a probabilidade de falha de uma máquina, nestas condições.

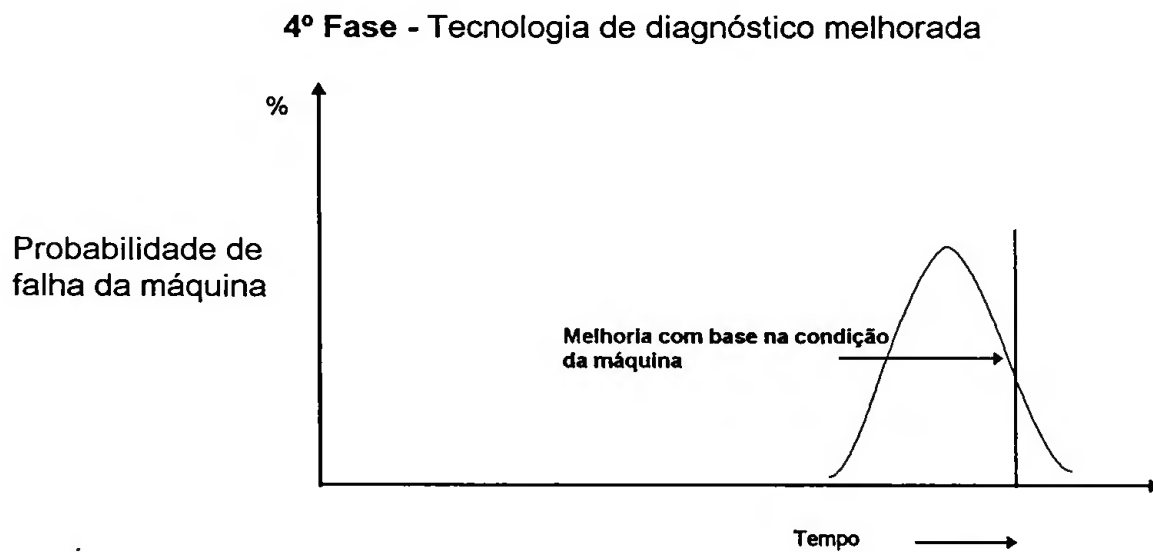


Figura 7.14 - 4ª fase da manutenção de uma máquina - Probabilidade de falha da máquina

Operadores, supervisores, departamento de manutenção, controlo de qualidade, gestores e todos os empregados precisam fazer parte do processo de melhoria, TPM, ou seja, *Total Productive Maintenance*. Como já referimos é um conceito que envolve o compromisso de todos os empregados. O objectivo da TPM é alcançar a eficiência e a eficácia global do sistema de produção, através da participação de todos os empregados, nas actividades de *manutenção preventiva* (Nakajima, 1989).

A principal incidência da TPM é o indivíduo. Neste sentido, a TPM é semelhante ao TQC (*Total Quality Control*) em que o envolvimento dos empregados é a chave para o sucesso no desenvolvimento operacional do negócio com qualidade, atendendo às necessidades dos clientes. Assim, a quebra de uma

máquina ou a sua falha, pode ser comparada à produção de equipamentos/produtos defeituosos. Da mesma forma que a qualidade não deve ser conseguida por inspecções, a manutenção preventiva é muito mais desejável que a manutenção correctiva.

A incidência efectiva para se atingir *Zero Defeitos* é eliminar causas potenciais de falha, tais como poeira, parafusos soltos, deformações, ruídos, folgas, vibrações excessivas e, principalmente, desgaste.

A Tabela 7.3 mostra uma comparação entre TPM e TQC.

| | TPM <i>Total Productive Maintenance</i> | TQC <i>Total Quality Control</i> |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Problema | Quebra da Máquina | Produto com defeito |
| Solução tradicional | <ul style="list-style-type: none"> • Manutenção correctiva / substituição de componentes danificado da máquina. | <ul style="list-style-type: none"> • Inspecção no fim da linha produtiva / selecção e voltar a trabalhar o produto. |
| Solução melhorada | <ul style="list-style-type: none"> • Prevenção da manutenção; • Manutenção com base na condição da máquina ou manutenção condicional. | <ul style="list-style-type: none"> • Projecto para a qualidade; • Inspecção do processo; • Mecanismos <i>foolproof</i>. |
| Informação para monitorização | <ul style="list-style-type: none"> • Registo de falhas da máquina / Tempo médio entre falhas <i>MTBF (Mean Time between failure)</i>. | <ul style="list-style-type: none"> • Controlo estatístico do processo/gráficos de controlo. |
| Incidência principal | <ul style="list-style-type: none"> • Educação; • Envolvimento dos empregados <p>Manutenção é um investimento.</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Educação; • Envolvimento dos empregados <p>Qualidade é um investimento.</p> |

Tabela 7.3 - Comparação da TPM e TQC

A falha de uma máquina é, frequentemente, o resultado de uma combinação desses factores, e a menos que eles sejam evitados, a procura do *Zero Defeitos* será infrutífera.

Normalmente, quando a produção recebe a solicitação por parte da manutenção para parar como intuito de se efectuar a manutenção das máquinas, a resposta é normalmente negativa. Contudo, mesmo em períodos de produção intensa é necessário insistir na paragem das máquinas, de acordo com o plano de manutenção. Aliás um bom planeamento de produção deve incluir paragens para manutenção.

4. FERRAMENTAS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Para nos assegurarmos que nenhuma falha provoque a paragem de um sistema, devemos estar garantidos pelo uso de um programa intensivo de inspecções, ou mesmo de monitorização continua.

A substituição, na altura certa, de equipamentos ou componentes passíveis de falhas, será função do número de inspecções a realizar. Estas inspecções são feitas por intermédio de várias ferramentas que a Manutenção Preventiva utiliza (Mirshawka, 1991).

As ferramentas mais comuns da Manutenção Preventiva são:

- O estudo de vibrações;
- A análise de óleos;
- Os sistemas especialistas;
- Outros métodos de observação aplicados na Manutenção moderna.

4.1. O ESTUDO DE VIBRAÇÕES

O princípio de análise de vibrações está baseado na ideia de que a estrutura das máquinas, excitadas pelos esforços dinâmicos, dão sinais vibratórios

cuja frequência é idêntica à dos esforços que os tenham provocado, sendo a medida global tirada num ponto e resultante da soma das respostas vibratórias da estrutura aos diferentes esforços a que é sujeita.

Podemos então através de captadores de vibração colocados em certos pontos específicos, registar as vibrações transmitidas pela estrutura à máquina. Da análise desses registos podem-se identificar a origem dos esforços aos quais ela está submetida.

Assim, e por comparação com o registo de vibração fornecido aquando da instalação da máquina, pode-se tirar ilações da evolução do seu estado ou identificar o aparecimento de esforços dinâmicos novos, consecutivos a uma degradação em processo de desenvolvimento.

A medida da vibração transmitida por uma estrutura sob o efeito de esforços dinâmicos é função de vários múltiplos parâmetros, normalmente agrupados em três grupos:

1º grupo, normalmente designado por “Função de transferência” característica da estrutura, engloba: massa, rigidez e coeficiente de amortecimento da estrutura; características de fixação da máquina sobre o solo que opõe reacções às vibrações e modifica intensidades; e posicionamento do ponto onde é feita a medida

2º grupo, normalmente designado por característica da “cadeia medida”, necessitam ser invariáveis de uma medida para a outra, englobando: posição e fixação do sensor sobre a máquina; características do sensor; pré-amplificação e transmissão do sinal; e desempenho dos aparelhos de medida.

3º grupo, são de facto os elementos que estão directamente ligados à intensidade dos esforços dinâmicos que dão origem às vibrações, mas é de todo impossível medi-los directamente, sem passar pela amplificação dos parâmetros do 1º e 2º grupos. Os elementos a que nos referimos são: velocidade de rotação e potência absorvida; e

As vibrações transitórias são geradas por forças descontínuas (choques). Estas podem apresentar ou não um aspecto oscilatório, tendendo a retomar a posição de equilíbrio após o amortecimento.

Existem oscilações deste tipo quando uma estrutura vibra após receber um choque para o qual o coeficiente de amortecimento é fraco.

Na Figura 7.16 ilustra-se esse tipo de vibração, quando se diz que o movimento é pseudo-periódico e o amortecimento sub-crítico, isto é, a estrutura sujeita ao choque mantém-se a vibrar sendo o seu amortecimento progressivo.

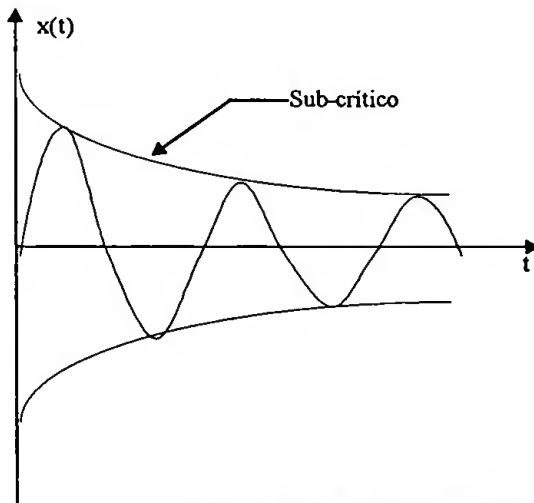


Figura 7.16 - Movimento pseudo-periódico

Na Figura 7.17, ilustra-se a situação em que o amortecimento é muito importante e a estrutura atinge a posição de equilíbrio sem oscilação. Nesta situação diz-se que o amortecimento é super-crítico e o movimento é aperiódico.

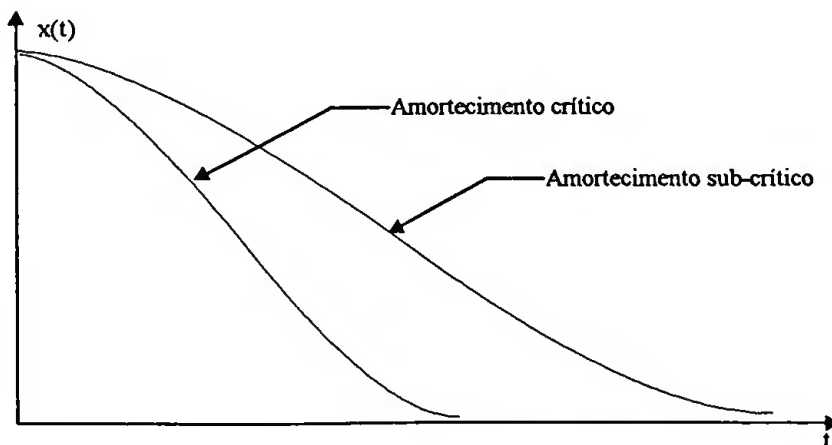


Figura 7.17 - Movimento aperiódico

Estes dois tipos de movimentos transitórios podem ser descritos por funções matemáticas.

As vibrações aleatórias, são caracterizadas por um movimento oscilatório que não reproduz a si próprio de forma idêntica, como é o caso dos movimentos periódicos. Estas vibrações só podem ser representadas matematicamente através de uma série de relações probabilísticas. Pode-se, aliás, considerar que uma função aleatória é uma função periódica cuja periodicidade é igual a infinito e que esta função é constituída por uma infinidade de funções sinusoidais em que a frequência varia de forma continua.

Assim, estas vibrações são todas identificáveis e mensuráveis, onde o aumento de intensidade é representativo da evolução do esforço que as provoca e revelador do defeito que se desenvolve. A Tabela 7.4 mostra as vibrações mais comuns.

| Natureza da vibração | Forma temporal | Forma espectral | Ex. acontecimentos geradores |
|-----------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Sinusoidal | | | Desbalancear |
| Sinusoidal complexo | | | Composição de esforços sinusoidais de origem diversa (esforços dinâmicos de engrenagem) |
| Transitório | | | Explosões Laminadores |
| Transitório periódico | | | Prensas automáticas Cames |
| Aleatório | | | Oscilações de pressão sobre uma estrutura imersa em líquido de escoamento |

Tabela 7.4 - Diferentes tipos de vibrações e suas formas de representação

Pode-se representar um nível vibratório de várias formas. A mais importante é a representação espectral, isto é, em frequência. O espectro é um conceito fundamental da análise de frequência, e é a representação de um sinal dada como uma função da frequência.

Existem outros tipos de representação, no entanto impõem determinadas limitações. Por exemplo a representação vectorial obriga a fazer cálculos com números imaginários, uma vez que a amplitude é sempre real e é a soma vectorial de dois vectores imaginários girando em sentido inverso ao da frequência f e de amplitude $A/2$. Por outro lado, a representação temporal, e atendendo que um sinal no tempo, $A(t)$, pode ser considerado como as somas das amplitudes de cada senoide componente (Figura 7.18), a sua expressão matemática pode ficar demasiado intrincada quando o número de componentes for grande.

Na Figura 7.18 tem-se um sinal que resulta apenas da composição de duas funções sinusoidais.

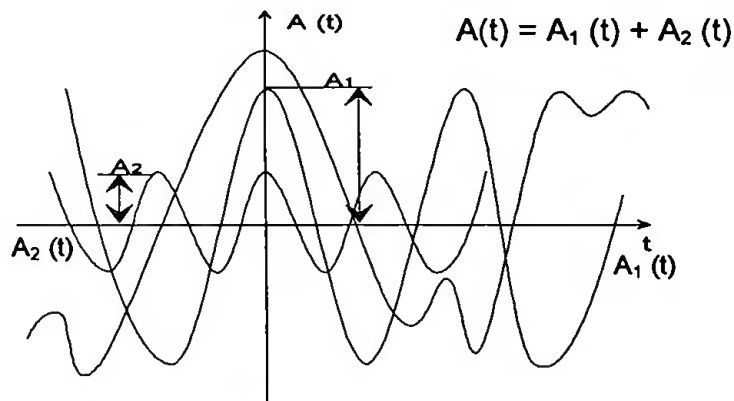


Figura 7.18 - Representação temporal de um sinal

Já este mesmo sinal, se fosse utilizada uma representação espectral, pela utilização das transformadas de Fourier, obteríamos a representação da Figura 7.19, bem mais simples e facilmente compreensível.

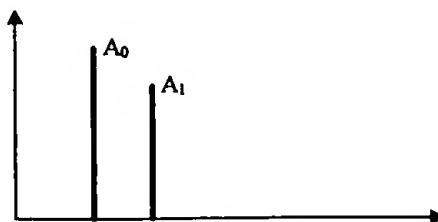


Figura 7.19 - Representação espectral de um sinal

Utiliza-se mais este tipo de representação porque em geral o que nos interessa são as variações de amplitude na representação espectral e não o que ocorre em cada instante.

Uma onda vibratória pode ser estudada por diversos métodos que correspondem a diferentes níveis de conhecimento e à utilização de equipamentos de análise mais ou menos sofisticados. Entre eles destacam-se:

Medida do valor global, que é um método de análise aproximado do sinal, que se abstrai do parâmetro frequência, medindo a amplitude avaliada de diferentes formas. Por isso importa o valor pico a pico, ou seja a amplitude máxima da onda fundamental (útil por exemplo, quando o deslocamento vibratório de uma máquina é crítico em relação às restrições de carga máxima); o valor de pico (importante para indicar, por exemplo, o nível de um choque de curta duração); o valor eficaz, medida que leva em conta a avaliação das componentes harmónicas directamente relacionadas ao conteúdo energético da vibração.

Como já referimos anteriormente, na maior parte das medidas de vibração é mais fácil trabalhar no domínio das frequências que no domínio do tempo (Figura 7.20). Deste facto surgiu a **análise espectral** onde o nível amplitude/tempo é convertido em nível amplitude/frequência.

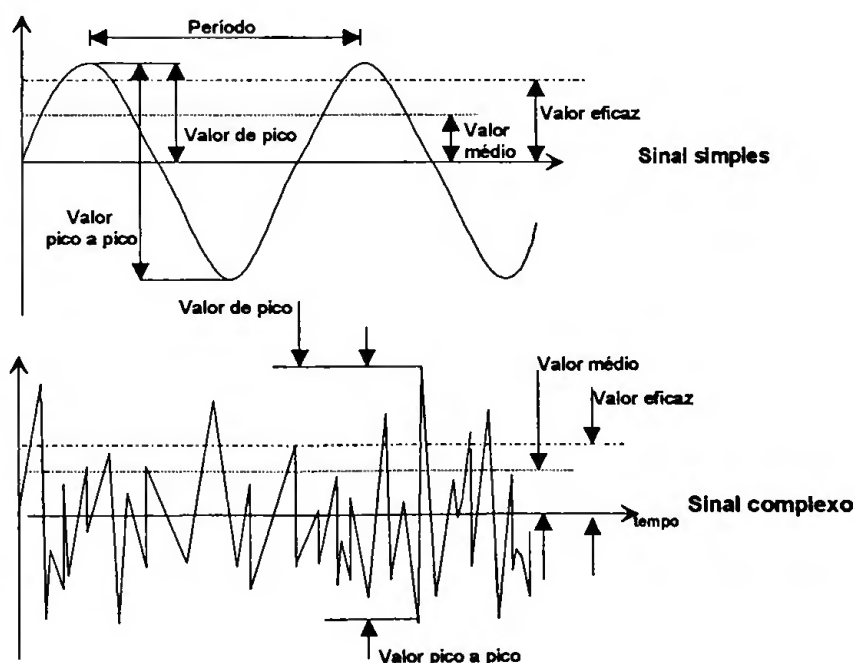


Figura 7.20 - Diferentes maneiras de medir a amplitude no seu valor global

O espectro é a ferramenta desta análise, e apresenta-se sob a forma de gráfico onde se mostra a amplitude da vibração em cada frequência (Figura 7.21).

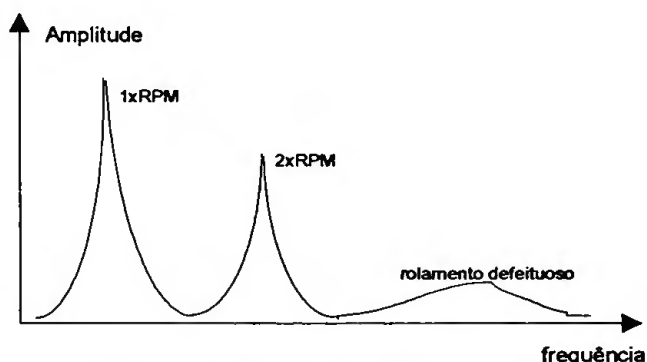


Figura 7.21 - Exemplo típico do espectro de um rolamento

Como se pode ver pela Figura 7.21, num espectro todos os componentes de um nível vibratório são representados sob a forma de picos podendo-se seguir individualmente uma variação de amplitude, sem que aconteça o efeito de mascarar, como se verifica para a medida do valor global, onde se corre o risco de não detectar um defeito em evolução.

A variedade, a riqueza e a precisão das informações dadas pelo estudo de vibrações, especialmente para máquinas rotativas, bem como para estruturas fixas, tornam este tipo de análise o instrumento da Manutenção Preventiva dos nossos dias, sendo, portanto, o caminho principal que nos conduz ao zero defeito. Será porém um erro considerar que ela é suficiente por si mesma.

4.2. A ANÁLISE DOS ÓLEOS

Os objectivos da análise dos óleos são: economizar o lubrificante e dominar o defeito.

Existem actualmente equipamentos que permitem realizar análises precisas num tempo suficientemente curto para que um conjunto de informações precisas possam ser úteis à função manutenção:

- seja determinado o momento adequado para a renovação do óleo de um dado componente lubrificado, regulando com isso o grau

de degradação ou de contaminação tentando assim economizar, através da optimização do intervalo entre trocas.;

- seja detectado o primeiro sintoma de desgaste de um componente, estudando o desgaste gerado pelo atrito entre as peças em contacto.

São dois factores que intervêm na modificação das características de um lubrificante, tornando-o incapaz de realizar as suas funções: degradação e contaminação.

A degradação de um lubrificante é normalmente devida à oxidação, resultante da acção da temperatura e do oxigénio do ar. Os produtos da oxidação levam à alteração das características dos lubrificantes e à criação de depósitos.

A contaminação do lubrificante é resultante das partículas sólidas libertadas em consequência do desgaste, pelo teor de água do ar ambiente, pelos poluentes solúveis e por solventes capazes de alterar as propriedades físicas do fluido.

Para se conseguir economizar é necessário ter forma de diminuir a frequência das trocas, verificando periodicamente a qualidade do lubrificante e a sua taxa de contaminação. As principais técnicas usadas são a análise físico-química e os métodos de controlo de taxa de contaminação.

Métodos de controlo de taxa de contaminação

- onde se destaca:
- Medida da poluição gravimétrica - permite determinar o teor de impurezas sólidas através de filtragem com membranas com poder absoluto de retenção pré-determinado.
 - Centrifugação - permite separar o volume de água e de sedimentos (metálicos ou não) numa amostra.
 - Medida da diluição - permite determinar a percentagem de diluição de um contaminante (por exemplo a gasolina) por vaporização, com ajuda de um solvente.
 - Cromatografia - permite determinar a concentração do produto contaminante, através de separação por migração diferencial.

- Fotometria - permite determinar concentrações de determinadas substâncias (por exemplo de materiais carbónicos no óleo de um motor de combustão interna) por comparação com padrões de referência.
- Espectrografia - permite identificar o lubrificante, verificar a concentração de certos aditivos, a propriedade de certos lubrificantes e detectar a sua poluição. Esta identificação é feita com base na percentagem de absorção de luz no domínio espectral, tal como os rios ultravioleta e infravermelhos.
- Espectrometria de emissão - permite determinar rapidamente a concentração de elementos estranhos (metais e metaloides) quer sob a forma de aditivos ou de contaminantes, ou seja sobre a forma de partículas provenientes de desgaste.

Análise físico-química

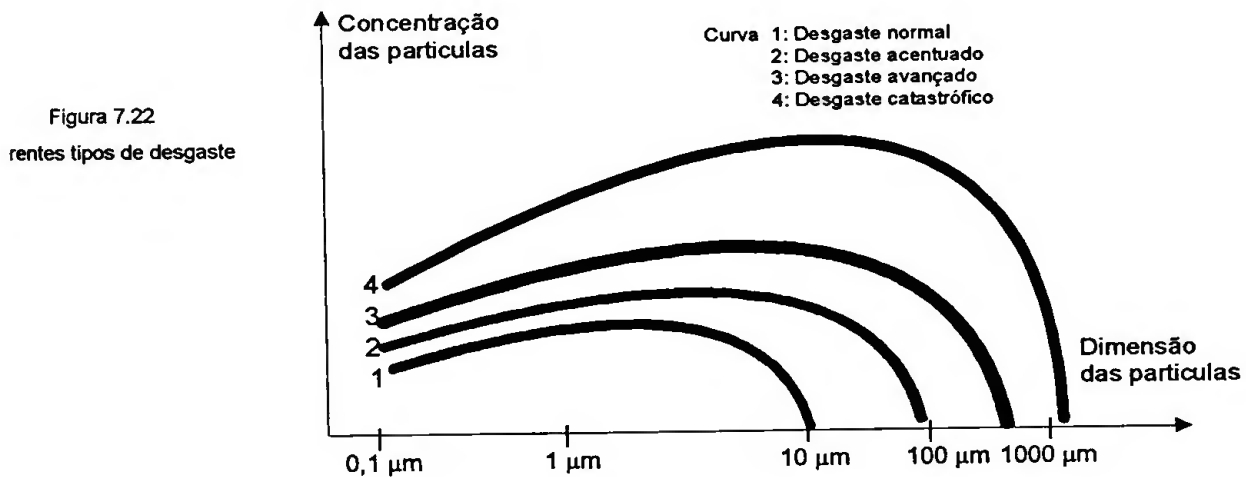
- são controlados os parâmetros:
- a viscosidade;
 - o índice de acidez ou alcalinidade;
 - o teor de água;
 - os produtos da oxidação;
 - a cor;
 - o teor de carbono;
 - a qualidade e taxa de eventuais aditivos;etc.

Convém não deixar de salientar, que por vezes é difícil avaliar qual a rentabilidade de tais análises, isto é, determinar a partir de que quantidade de óleo utilizada é vantajoso iniciar um programa de análise de óleo das máquinas, do que simplesmente trocar o óleo de acordo com as recomendações do fabricante.

Por outro lado, o lubrificante é um vector das partículas de desgaste geradas por uma máquina, visto que ele está necessariamente presente nas zonas de atrito. O estudo de evolução da concentração das partículas em suspensão, da natureza da sua constituição, das suas dimensões e da sua morfologia trás informações úteis sobre o comportamento das peças lubrificadas e permite afastar uma eventual anomalia, antes que ela se transforme em avaria. É pois fundamental

descobrir o ponto de origem do desgaste através da análise da natureza das partículas.

A identificação dos diferentes tipos de desgaste pode ser obtida por meio do estudo da dimensão das partículas encontradas. O conjunto de curvas traçadas na Figura 7.22 evidencia que quanto mais acentuado o desgaste tanto maiores são as partículas encontradas.



Verificamos ainda pelo gráfico da Figura 7.22 que existem fundamentalmente quatro tipos de desgaste:

- Normal - onde as partículas maiores não ultrapassam o tamanho de 10 μm .
- Acentuado - onde existe um aumento do número de partículas, correspondendo esta situação à existência de sobrecarga na máquina ou cuja lubrificação é insuficiente.
- Avançado - é o resultado normal do desgaste acentuado, sendo as avarias de superfície bem visíveis.
- Catastrófico - corresponde ao último estágio do desgaste, antes de acontecer o defeito por atrito.

Assim, ao estudar a evolução do crescimento das partículas podemos seguir a evolução da avaria. Impedir um tal crescimento equivale a caminhar no sentido zero defeito, conforme ilustra a Figura 7.23.

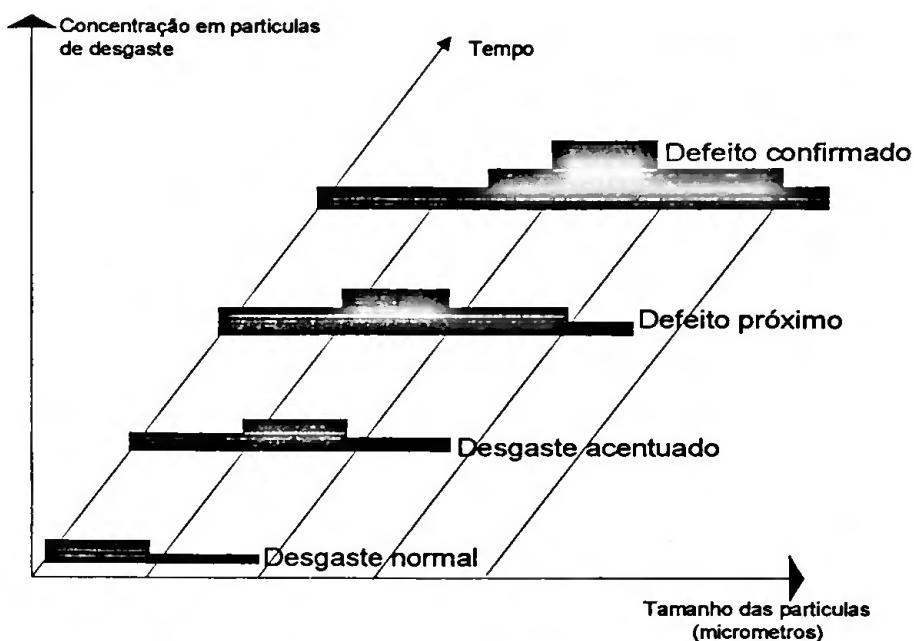


Figura 7.23 - Progressão característica para a avaria

Entre as técnicas utilizadas para estabelecer um diagnóstico de desgaste, as principais são:

- Ferrografia por leitura directa - é feita com base na extracção de partículas contaminantes magnetizadas, contidas no lubrificante, pela acção de um campo magnético. Por meios desta técnica pode-se determinar o estado de uma máquina, por avaliação da concentração total de partículas de desgaste e verificar a proporção das partículas ferromagnéticas de maiores dimensões.
- Espectrometria por leitura directa - permite determinar rapidamente, através da comparação com padrões de referência, as concentrações expressas em p.p.m. (partes por milhão) na massa dos diferentes elementos presentes no fluido.
- Análise por ferrografia analítica - é utilizada principalmente quando o técnica de ferrografia por leitura directa determina a existência de um grande desgaste (partículas cujo tamanho esteja compreendido entre 1 a 250 μm). Esta técnica permite construir um ferrograma (placa de vidro sobre a qual são colocados os contaminantes metálicos função da sua dimensão); estudar a forma e cor das partículas depositadas; e distinguir as partículas cristalinas das substancias amorfas.

A mudança da natureza do desgaste pode ser detectada pela análise de partículas existentes num lubrificante. Um aumento rápido dessas partículas no lubrificante indica uma mudança no tipo de desgaste. A gravidade do desgaste e o componente desgastado podem ser determinados através do tamanho, da distribuição e da forma das partículas.

Convém salientar que a espectrometria permite identificar a natureza e a concentração dos contaminantes, porém sem a possibilidade de estudar partículas maiores que 10 μm , representando um desgaste normal. A ferrografia por leitura directa permite avaliar a concentração de partículas maiores, de 1 a 800 μm , porém só as partículas ferromagnéticas. Portanto, estas duas técnicas são complementares e devem bastar na fase de vigilância sistemática da máquina lubrificada. Em caso do aumento significativo de partículas a análise de ferrografia analítica poderá ser de grande utilidade para a obtenção do diagnóstico definitivo e quase perfeito.

A Figura 7.24 ilustra os procedimentos lógicos para a pesquisa da causa do desgaste, e assim se conseguir a aproximação ao zero defeito.

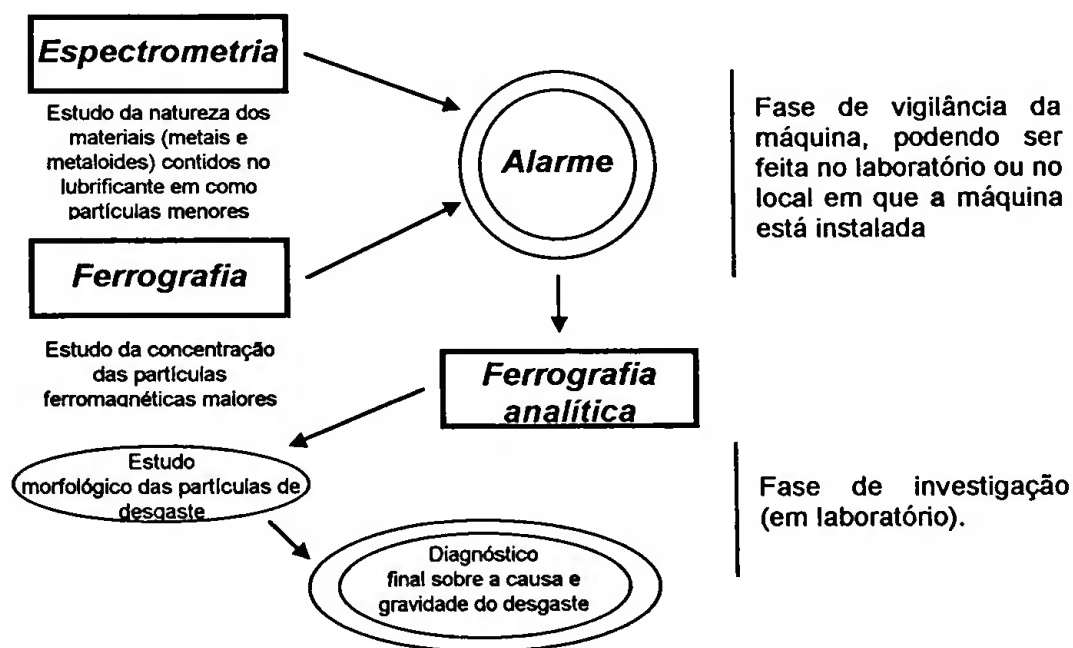


Figura 7.24 - Procedimentos lógicos para a pesquisa da causa do desgaste



É fundamental ter presente que as técnicas de análise de óleo permitem verificar anomalias de funcionamento nas máquinas e possibilitam, em especial, seguir a evolução dos fenómenos de desgaste nos sítios onde a análise de vibração é mais sensível (engrenagens, rolamentos, cilindros e pistões). A análise do óleo é portanto complementar da de vibração. A ferrografia, em particular, possibilita um acompanhamento suficientemente preciso para uma detecção antecipada da anomalia.

Deve-se, porém não esquecer que, apesar de tudo, as técnicas de análise de tendências de evolução de anomalias dos lubrificantes, bem como da estimativa dos pontos de alerta, são ainda, hoje em dia, menos codificadas e precisas que as empregues nas vibrações.

4.3. OS SISTEMAS ESPECIALISTAS

Os sistemas especialistas são softwares desenvolvidos com base em aplicações da inteligência artificial. Estes procuram representar e utilizar conhecimentos, introduzidos como dados, para estabelecer um diagnóstico a partir de determinados sintomas descritos, ou, inversamente, a partir de um diagnóstico simulado, enunciar os sintomas associados.

A Figura 7.25 mostra esquematicamente um sistema especialista.

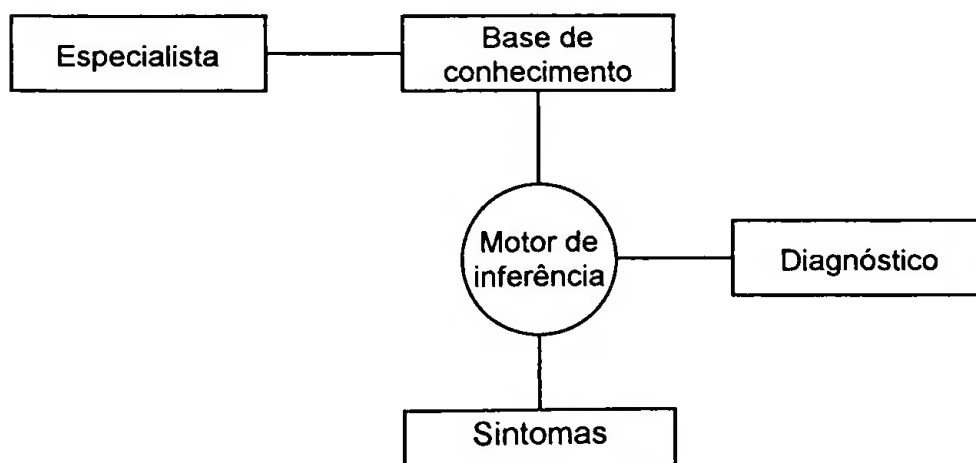


Figura 7.25 - Esquema de um sistema especialista

Os conhecimentos de base podem muitas vezes ser imprecisos ou incompletos, o que torna impossível escrever algoritmos que possam resolver o problema para todos os casos, dentro de um determinado número de operações. Nestes casos recorre-se a métodos heurísticos, utilizando-se um certo número de regras empíricas reunidas num gerador de inferências encarregado de fazer a ligação entre a base de conhecimento e o registo de sintomas, para estabelecer o diagnóstico.

Os bancos de dados deverão ser actualizados, sempre que vai aumentando o número de informações, de descobertas ou do histórico das intervenções.

Os sintomas serão visuais, detectados pelos diferentes sensores ou fornecidos pelas análises de vibração, do óleo, etc.

Os diagnósticos fornecidos pelos sistemas especialistas dão ou a origem do defeito detectado a partir dos sintomas levantados, ou os diferentes sintomas que poderiam ter sido detectados numa avaria simulada.

A utilização de sistemas especialistas é extremamente interessante na Manutenção Preventiva, pois trás uma ajuda substancial para:

- a pesquisa de um alarme disparado ou para a apresentação de um diagnóstico sobre a causa, a gravidade e a tendência de evolução do desenvolvimento de um defeito, especialmente quando estes têm origem múltipla e complexa;
- a escolha dos parâmetros a ser vigiados e a posição onde devem ser colocados os alarmes, em função das avarias.

A Figura 7.25 mostra como isto é realizado.

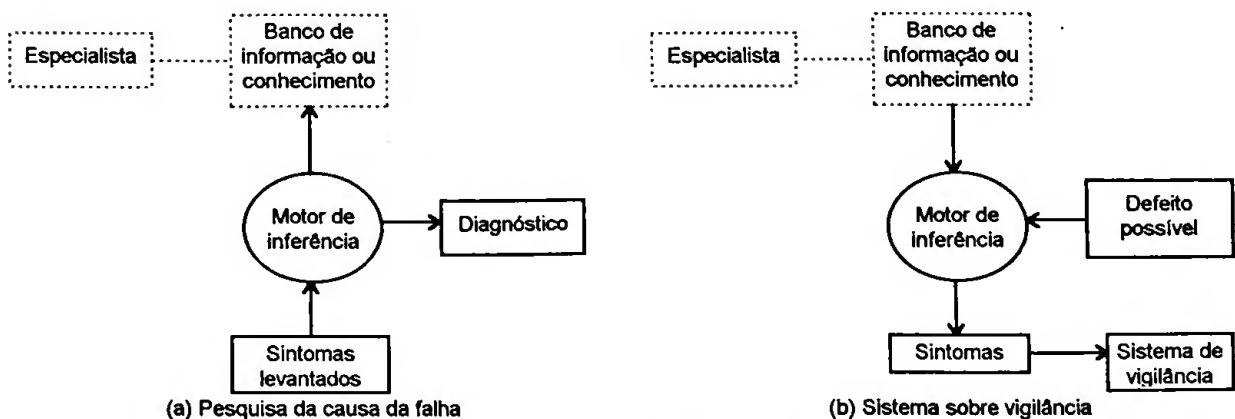


Figura 7.25 - Esquema de um sistema especialista em alternativas de funcionamento (a e b)

Um sistema informatizado de gestão de medições efectuadas na Manutenção Preventiva torna-se cada vez mais indispensável ao bom serviço e caminhar no sentido do zero defeito. Os sistemas ajudam o pessoal nos trabalhos de armazenamento, triagem e comparação, necessários para que sejam feitas medidas, para a sua análise e para estabelecer o diagnóstico.

4.4. OUTROS MÉTODOS DE OBSERVAÇÃO APLICADOS NA MANUTENÇÃO MODERNA

Existem outros métodos de investigação, geralmente específicos para certo tipo de sistemas e função do defeito procurado.

É o caso do estudo de uma superfície. Neste caso pode-se ter vários tipos de análise, sendo todas elas direccionadas para determinar o grau de deterioração por desgaste de uma peça.

Podemos incluir aqui:

- O exame visual;
- A endoscopia;
- A holografia;
- A estroboscopia;
- O molde e impressão.

O exame estrutural é muito importante também, para prevenir eventuais fissuras numa peça ou defeitos de soldadura numa montagem. Nestes casos utiliza-se, entre outras, as seguintes técnicas:

- Interferometria holográfica;
- Análise modal;
- Ultra-som;
- Corrente de Foucault;
- Radiografia e gamagrafia;
- Infiltração (materiais absorventes);
- Magnetoscopia;
- Ecografia.

Outras técnicas que se tem mostrado de extrema importância, relacionam-se com a dissipação de energia e são a termovisão (auxilia a manutenção na correcção de pontos quentes) e a termometria (possibilita a observação do estado térmico da superfície). A medição da dissipação de energia é utilizada principalmente:

Na indústria, para controlar o desgaste de refractário nas fornalhas, fornos, chaminés etc; para conhecer o estado das redes de fluidos que transportam calor ou frio; para saber a condição de aquecimento de rolamentos, redutores, etc. e, especialmente para localizar os aquecimentos anormais nas instalações eléctricas.

Nas construções (em geral) para evidenciar os pontos térmicos, os defeitos do isolamento e os de movimentação do ar.

Nunca é demais referir que a detecção de um fenómeno normal ou anormal dá origem a uma variação de temperatura, por exemplo a identificação de um componente defeituoso baseia-se na elevação anormal de temperatura, particularmente nos sistemas eléctricos e electrónicos, em função de um aumento de resistência ohmica, devido à ocorrência de oxidação, corrosão ou falta de contacto. Esta variação de temperatura pode ser detectada e medida com auxílio de sondas, de termopares ou, por ampliação da zona de investigação, com ajuda de técnicas de termografia. Desta forma podemos conseguir informação sobre:

- o estado de aquecimento de uma peça mecânica;
- o estado de desgaste de um revestimento refractário;
- a sinalização de uma falta de calor;
- o comportamento térmico de um material composto ou de um componente electrónico;
- a condição e a evidência de um defeito eléctrico.

É fundamental não esquecer que estes métodos, mesmo menos utilizados que a análise de vibração ou a análise de óleo, por serem mais específicos, cada um deles têm particular interesse e a sua combinação com os anteriores proporciona uma ajuda preciosa e eficaz à manutenção. É importante,

portanto, lembrar que graças a todas estas ferramentas que apoiam a Manutenção Preventiva, não é um sonho pensar em mais qualidade, maior produtividade, maior fiabilidade, mais segurança, maior disponibilidade, maior rentabilidade e sem sombra de dúvida, zero defeito.

A finalizar este ponto fica a Figura 7.27 onde se esquematiza uma metodologia para a execução da Manutenção Preventiva

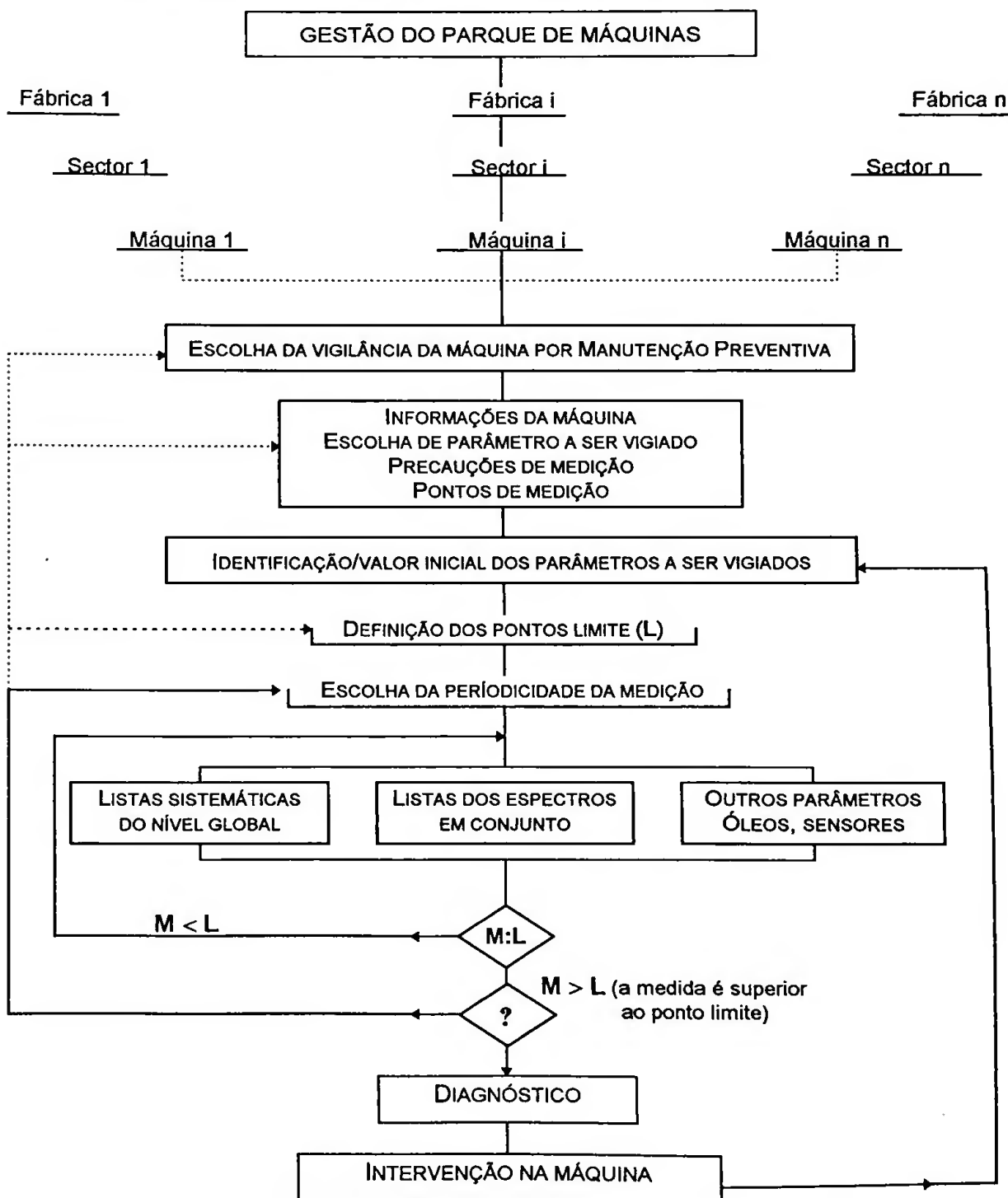


Figura 7.27 - Esquema de uma metodologia para a execução da Manutenção Preventiva

5. AS VANTAGENS E LIMITES DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Na prática são utilizados simultaneamente os três tipos de manutenção, função de cada tipo de dispositivo ou máquina que compõe a linha de produção. A escolha do tipo de manutenção deve resultar sempre de um compromisso financeiro e técnico. Assim o responsável deverá efectuar para cada item a comparação das vantagens e dos inconvenientes inerentes a cada tipo de manutenção. Deste modo temos que:

A MANUTENÇÃO CORRECTIVA deve ser reservada aos equipamentos cuja indisponibilidade tem pouca incidência sobre a produção e cujo custo anual, suposto, de reparações seja aceitável, bem como as avarias imprevisíveis.

A MANUTENÇÃO SISTEMÁTICA deve ser geralmente empregue para:

- Operações de lubrificação;
- Verificações periódicas obrigatórias;
- Substituição de componentes que se desgastam e sejam de baixo custo;
- Situações em que se torna impossível obter medidas fiáveis sobre o estado real do sistema.

A MANUTENÇÃO CONDICIONAL deve ser geralmente limitada:

- Às máquinas vitais para a produção;
- Aos equipamentos cuja avaria comprometa a segurança;
- Às máquinas críticas, cujas avarias são frequentes e onerosas.

Sendo a Manutenção Preventiva, na sua componente Condicional uma fonte de vantagens da execução da manutenção pois que permite:

- Um aumento na longevidade de um equipamento;
- Gerir melhor o controlo de materiais (peças, componentes, partes, etc.);
- Redução dos custos de reparação;
- Melhorar a produtividade da empresa;
- Reduzir stocks de produção;
- Limitar o número de peças de reposição;

- Melhorar a segurança;
- Aumentar a credibilidade do serviço oferecido;
- Aumentar a motivação do pessoal da manutenção.

A sua utilização deve estar sempre presente nas situações que a justifiquem, resultando sempre, como já referimos de um compromisso financeiro e técnico. A Figura 7.28 representa um processo para a escolha da manutenção adequada.

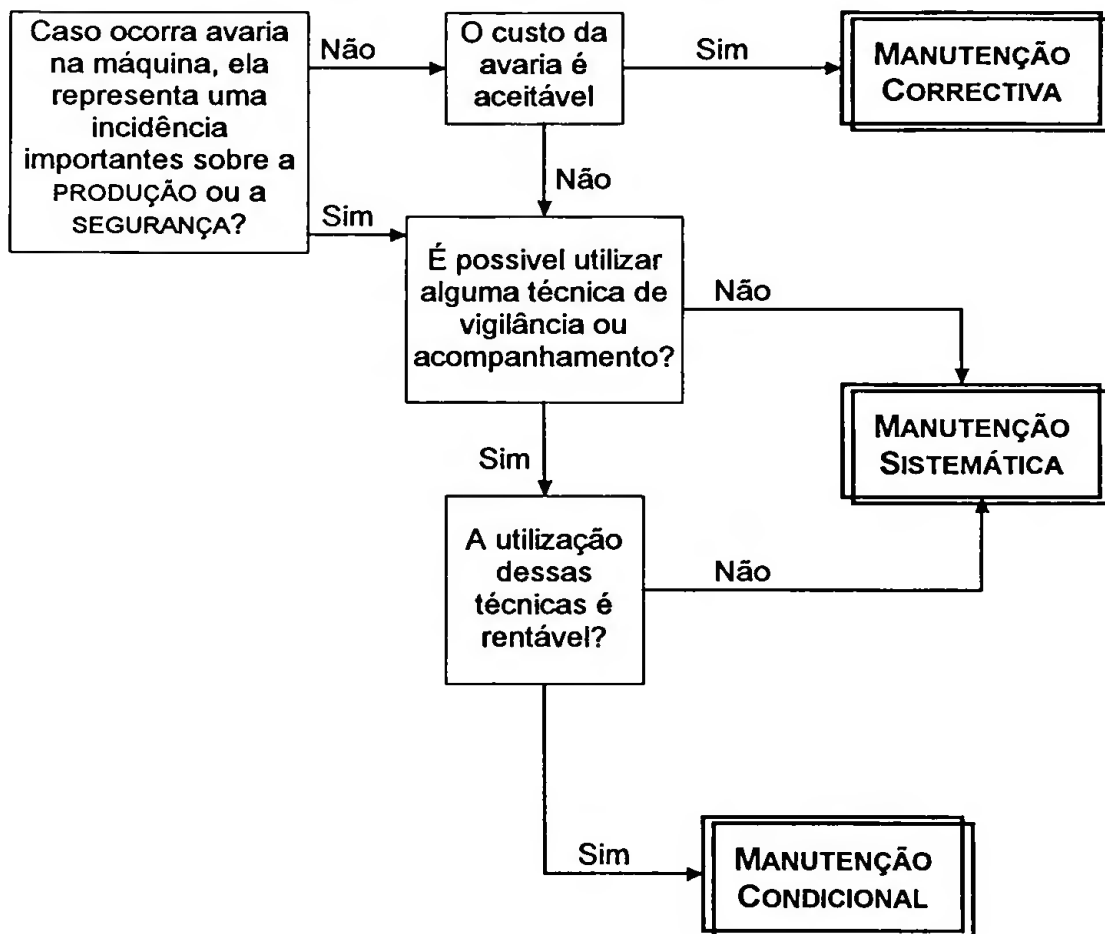
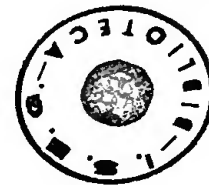


Figura 7.28 - Processo para a escolha da manutenção adequada

Resumo:

Este capítulo desenvolve aprofundadamente as diferentes formas de manutenção, assim como as ferramentas de que esta se serve para assegurar que nenhuma falha provoque a paragem de um sistema. Tendo como incidência principal a *Manutenção Preventiva* na sua componente condicional, alerta para o facto de que para alcançar a eficiência e a eficácia global do sistema produtivo, é necessário o compromisso de todos os empregados nas actividades de manutenção, garantindo deste modo o processo original, dentro do menor custo, e sem afectar a produtividade.



CAPÍTULO VIII

IMPLANTAÇÃO DAS MEDIDAS LOGÍSTICAS

MEDIDAS DE LOGÍSTICA

Conforme referido em capítulos anteriores, a logística é entendida como um compósito de considerações necessárias para assegurar o suporte efectivo e económico, de um sistema ao longo do seu ciclo de vida. A logística é parte integral de todos os aspectos de planeamento de sistemas, desenho e desenvolvimento, testes e avaliação, produção e/ou construção, recursos, e reforma do mesmo. Os elementos da logística têm de ser desenvolvidos numa base integrada de todos os segmentos de um sistema.

Para assegurar que a logística é convenientemente direccionada ao longo do ciclo de vida do produto, é necessário conceber os requisitos de suporte logístico apropriados, na fase dos primeiros estágios do planeamento e as partes de desenho conceptual.

Os requisitos de logística devem ser especificados inicialmente, quer em termos de quantidade, quer em termos de qualidade. Esta tarefa de avaliação, é um processo interactivo, que é realizado através de uma combinação de previsões analíticas, e de demonstrações físicas.

A identificação quantitativa das medidas logísticas, para uma determinada configuração do sistema, é intuitiva no seu processo. Estas medidas podem, evidentemente, variar de sistema para sistema, assim como as necessidades e requisitos da missão variam de uma aplicação para outra. Além disso, pode haver múltiplos factores para cada situação dada.

1. FACTORES DE FIABILIDADE

A necessidade de suporte em determinados sistemas é a frequência com que é requerida a manutenção. A frequência de manutenção para um determinado *item* depende, em muito, da sua

fiabilidade. Regra geral, quando a *fiabilidade* de um sistema aumenta, a frequência de manutenção diminui e vice-versa.

Sistemas com pouca *fiabilidade* normalmente requerem manutenção muito acentuada. Em qualquer sistema os requisitos de suporte logístico são muito influenciados pelos factores de *fiabilidade*. Alguns dos factores quantitativos de *fiabilidade* mais utilizados no desenho de processos e na determinação dos requisitos logístico de suporte estão apresentados abaixo

Função *Fiabilidade*

Fiabilidade é a probabilidade de um *item* ou de um sistema desempenhar a sua missão, nas condições para que foi concebido, sem avarias. Saliente-se que existem duas afirmações chave: (1) a palavra probabilidade indica que a *fiabilidade* resulta de cálculos estatísticos e pressupostos de “como” e “quando” pode ocorrer uma falha; e (2) “nas condições para que foi concebido” indica a fronteira de validade de qualquer previsão de nível de *fiabilidade*.

A função *fiabilidade*, $R(t)$, pode ser expressa por:

$$R(t) = 1 - F(t)$$

em que $F(t)$ é a probabilidade de falha de um sistema num intervalo de tempo t , é basicamente, a função de distribuição¹⁸ de falha.

Se a variável aleatória t tem a função densidade $f(t)$, então:

$$R(t) = 1 - F(t) = \int_t^{\infty} f(t) dt$$

Admitindo que o tempo de falha é descrito por uma função exponencial, então:

$$f(t) = 1/\theta e^{-t/\theta}$$

¹⁸ Função de distribuição exponencial.

onde θ é o tempo de vida média, t o intervalo de tempo e e a base logarítmica natural. A fiabilidade no tempo t é;

$$R(t) = \int_t^{\infty} 1/\theta e^{-t/\theta}$$

A vida média θ é a média aritmética do tempo de vida de todos os *itens* considerados.

A vida média θ para uma função exponencial é equivalente ao tempo médio entre falhas, MTBF - *Mean Time Between Failure*.

$$R(t) = e^{-t/M} = e^{-\lambda \cdot t}$$

onde λ é o rácio de falha do equipamento e M o MTBF.

O rácio de falha λ é um valor numérico que indica o número de falhas que um *item* ou equipamento pode ter num determinado intervalo de tempo, normalmente em horas.

Se um *item* tiver um rácio de falha constante, a fiabilidade do *item* no seu tempo de vida médio é de aproximadamente 0.37 (Blanchard, 1986). Por outras palavras, existe 37% de probabilidade do sistema não falhar, durante o seu tempo médio de vida. Assim sendo, o tempo de vida médio e o rácio de falha de uma máquina, estão relacionados pela equação:

$$\lambda = 1/\theta$$

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas}}{\text{Tempo médio de vida}}$$

$$\text{MTBF} = 1/\lambda$$

Actualmente as características de distribuição de falha de diferentes *itens* não são necessariamente as mesmas. Existe um

número de funções densidade de probabilidade conhecidas, que na prática são usadas para descrever as características de falha de diferentes equipamentos. Estas distribuições de probabilidade incluem a Binomial, Exponencial, Gaussiana, Poisson, Gama e Weibull (Kapur e Lamberson, 1997; Lloyd e Lipow, 1977). Convém deixar claro que não se assume que a distribuição exponencial é aplicável a todas as ocasiões, ou que a de Weibull é a melhor.

É importante salientar que quando determinamos o rácio de falha global de um sistema, principalmente quando se pretende estimar acções de manutenção correctiva (isto é a frequência da manutenção correctiva), deverão ser tomadas em conta todas as falhas do sistema por forma a incluir as resultantes de defeitos elementares/primários, de erros de operação e manutenção, de erros de manutenção, etc. O rácio de falha deve cobrir todos os factores que podem levar a inoperacionalidade do sistema durante o tempo em que este deve operar de forma satisfatória. A Tabela 8.1 ilustra um exemplo da determinação do rácio de falha combinado.

| <i>Considerações</i> | <i>Factor assumido (ocorrências/hora)</i> |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Rácio de falhas inerente | 0.000392 |
| Defeitos de fabrico | 0.000002 |
| Fase de envelhecimento | 0.000000 |
| Rácio de falhas dependente | 0.000072 |
| Rácio de falhas induzidas pelo operador | 0.000003 |
| Rácio de falhas induzidas por manutenção | 0.000012 |
| Rácio de avaria do equipamento | 0.000005 |
| Total da combinação dos factores | 0.000486 |

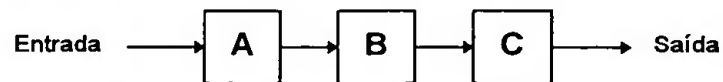
Tabela 8.1 - Rácio de falha combinado

A determinação da fiabilidade de um sistema depende do tipo de rede de trabalho e da disposição entre os seus diferentes

componentes. A seguir estão descritos cálculos para determinar a fiabilidade em diferentes configurações de grupos de elementos.

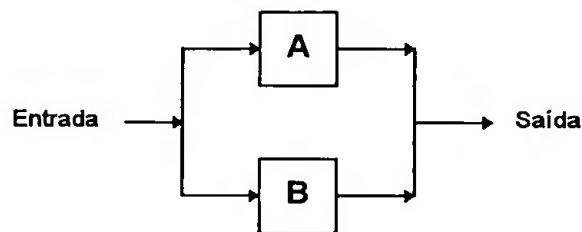
Calculo da fiabilidade entre grupos de componentes

1) Rede de trabalho em série



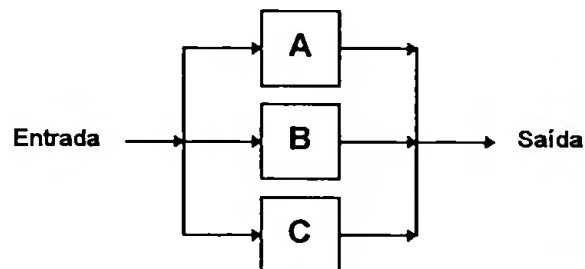
$$R(t) = R_A(t) \cdot R_B(t) \cdot R_C(t)$$

2) Rede de trabalho em paralelo



$$R(t) = R_A(t) + R_B(t) - R_A(t) \cdot R_B(t)$$

Se a rede de trabalho em paralelo tiver mais que dois elementos então:



$$R(t) = 1 - (1 - R_A(t)) \cdot (1 - R_B(t)) \cdot (1 - R_C(t))$$

Se $A = B = C$ então a fiabilidade dos sistema será obtida pela expressão:

$$R(t) = 1 - (1 - R)^3$$

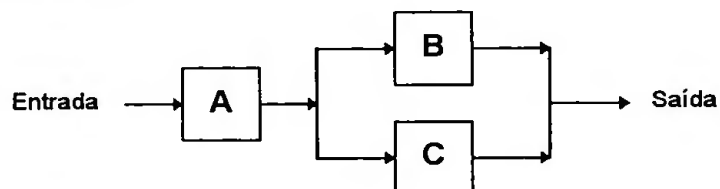
Então, para um sistema com n elementos teremos:

$$R(t) = 1 - (1 - R)^n$$

3) Rede de trabalho combinada em série e paralelo

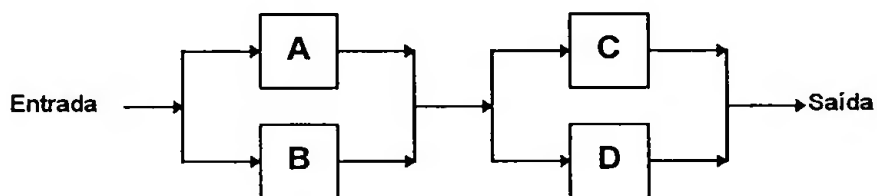
Considerando os exemplos seguintes temos respectivamente:

Exemplo 1:



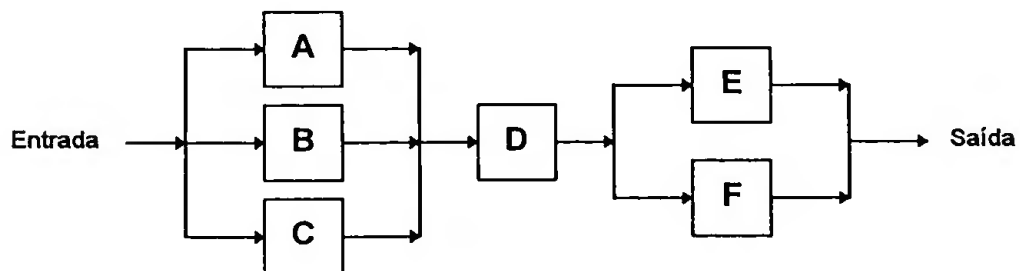
$$R(t) = R_A(t) \cdot (R_B(t) + R_C(t) - R_B(t) \cdot R_C(t))$$

Exemplo 2:



$$R(t) = [1 - (1 - R_A(t)) \cdot (1 - R_B(t))] \cdot [1 - (1 - R_C(t)) \cdot (1 - R_D(t))]$$

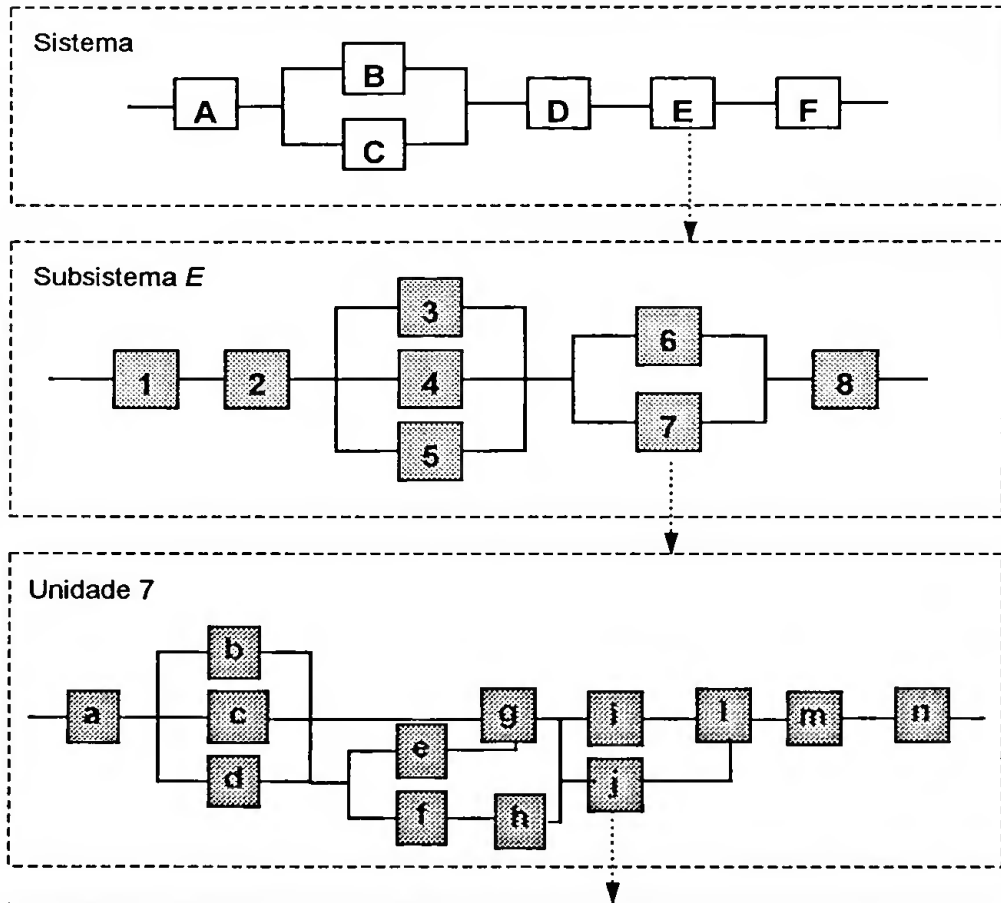
Exemplo 3:



$$R(t) = [1 - (1 - R_A(t)) \cdot (1 - R_B(t)) \cdot (1 - R_C(t))] \cdot [R_D(t)]$$

$$\times [R_E(t) + R_F(t) - R_E(t) \cdot R_F(t)]$$

A maneira mais simples de determinar a fiabilidade de um sistema é a simplificação sistemática dos blocos do mesmo por forma a conseguir-se obter um produto de diferentes séries. A figura abaixo é exemplificativa deste processo.



2. FACTORES MANUTENÍVEIS

Os factores de manuteníveis são características inerentes ao desenho que se relacionam com a facilidade, segurança e economia no desempenho das acções de manutenção. *Factor de manutenção* é a probabilidade de um *item* avariado ser reparado num intervalo de tempo específico usando uma quantidade de recursos pré-

determinada. É de notar que se trata de previsões estatísticas, o que quer dizer, tal como na fiabilidade, pode ser muito influenciado por variáveis como, a disponibilidade de recursos e condições que cada acção de manutenção é desempenhada. Note-se ainda que esta definição assume que um determinado conjunto de recursos estará disponível para suportar o processo de reparação. Por outro lado, podemos ainda dizer, e em termos de senso comum, que o *factor de manutenêcia* pode ser medido em termos de tempos gastos, rácios de horas de trabalho, frequência das manutenções, custo da manutenção e factores de suporte logístico relacionados.

2.1. Factores de tempo da manutenção

Manutenção, conforme já definimos no capítulo anterior, constitui o acto de diagnóstico e reparação e prevenção de falhas de um sistema. O *tempo de manutenção* é constituído pelo tempo gasto em tarefas individuais da *manutenção correctiva* e *manutenção preventiva* requerida por um sistema ou *item*. *Factor de manutenêcia* é a facilidade e rapidez com que pode ser mantido um sistema, e é medido em termos do tempo necessário para desempenhar as tarefas de manutenção.

Alguns dos tempos do *factor de manutenêcia* mais vulgares são definidos a seguir:

1) \bar{M}_{ct} - *Mean Corrective Maintenance Time*

A Figura 8.1 mostra os passos necessários para a reparação de um sistema, no sentido de o repor na sua operacionalidade original. Cada passo ilustrado utilizará, normalmente, uma série de tarefas de manutenção.

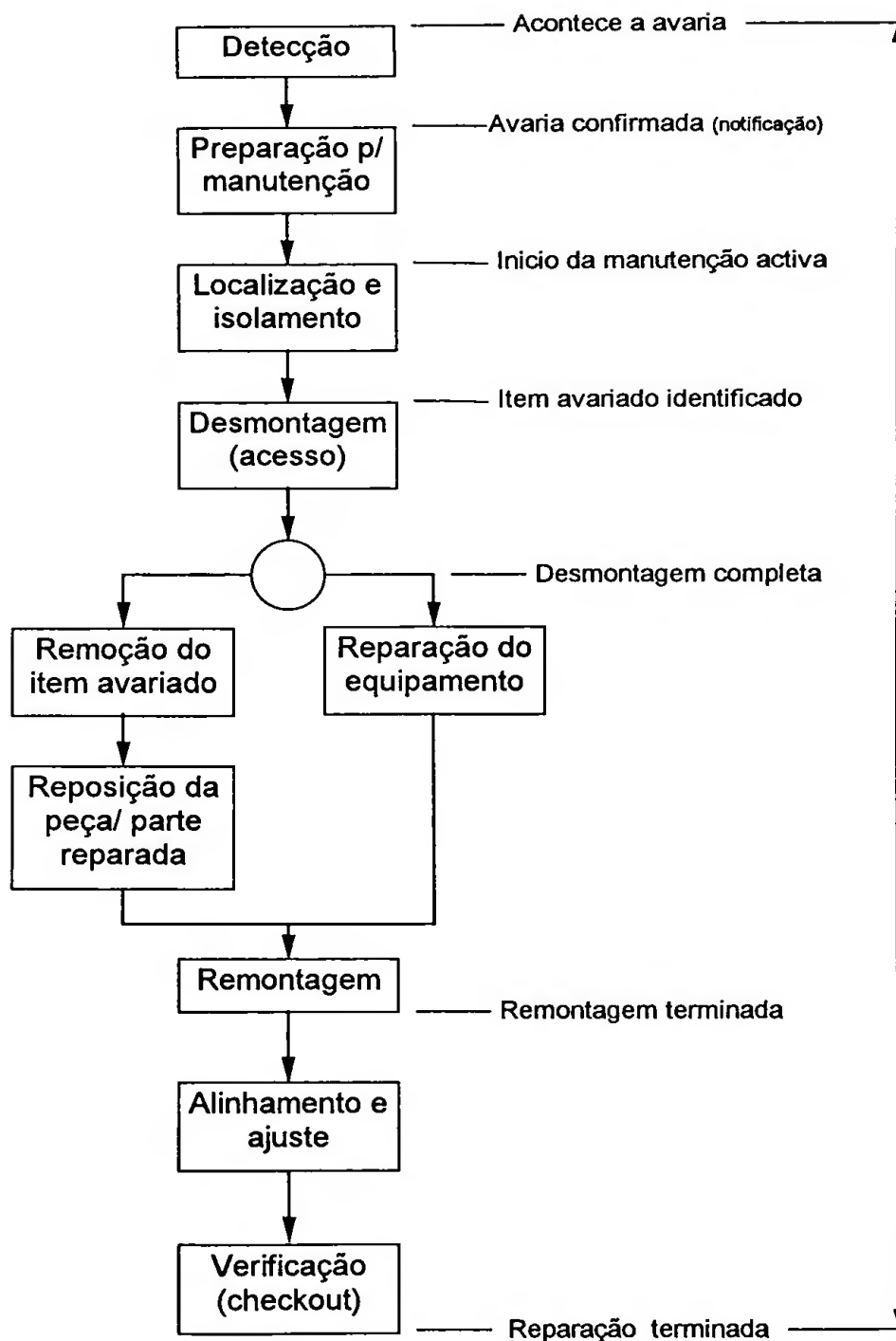


Figura 8.1 - Ciclo de manutenção correctiva

O tempo médio de manutenção correctiva, isto é, o tempo médio de reparação MTTR (*Mean Time To Repair*), é um valor composto que

representa a média aritmética de cada ciclo de tempo individual de manutenção;

$$\bar{Mct} = \sum_{i=1}^n Mct_i / n$$

onde Mct_i é o ciclo de tempo total despendido na manutenção correctiva, para cada *item* i e n o tamanho da amostra.

O desvio padrão σ , numa distribuição normal, mede a dispersão dos valores de tempo de manutenção e é dado por:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Mct_i - \bar{Mct})^2 / n-1}$$

Converter tempos de manutenção em valores padrão (Z), ou no número de desvios padrão acima ou abaixo da média é dado por:

$$Z(x_i) = X_i - \bar{X} / \sigma$$

então o limite de confiança pode ser determinado através da expressão:

$$Z(\sigma/\sqrt{N}) + \bar{Mct} = \text{Limite superior}$$

onde σ/\sqrt{N} representa o factor de erro padrão

Então, podemos concluir que, por exemplo, se aceitarmos como limite de erro 15%, temos 85% de hipóteses que o \bar{Mct} seja menor que o limite superior (limite de confiança de 85%).

É importante deixar explícito que em alguns sistemas, o cálculo do tempo para as tarefas de manutenção não segue uma curva de distribuição normal. Existem algumas acções de manutenção representativas onde os tempos de reparação são extensos, causando um desvio no lado direito da curva, conforme se indica na Figura 8.2. Isto é particularmente verdade para *itens* de equipamentos

electrónicos, onde a distribuição dos tempos de reparação seguem muitas vezes uma curva "log-normal".

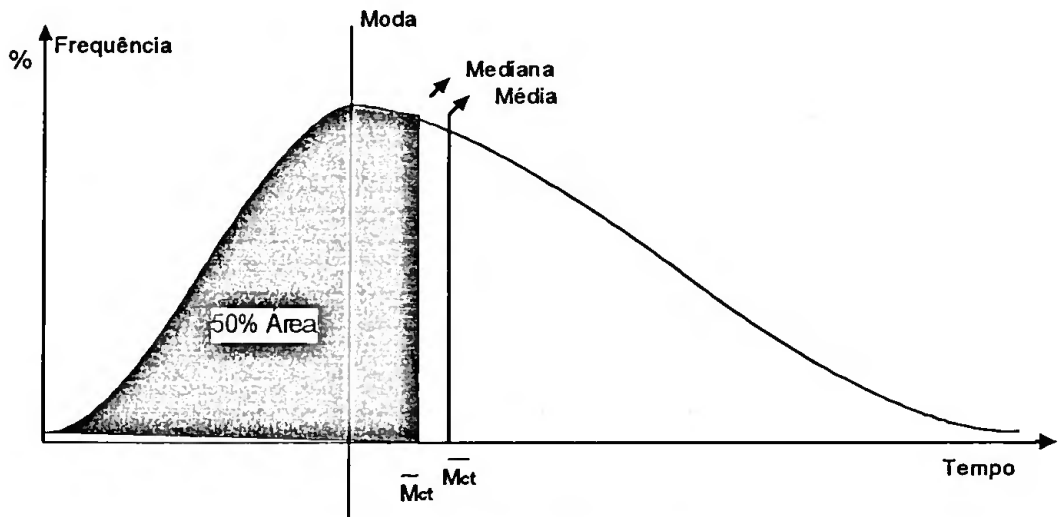


Figura 8.2 - Função de distribuição log-normal

Então o tempo médio de reparação é dado pela expressão:

$$\bar{Mct} = \frac{\sum_{i=1}^n (\lambda_i) \cdot (Mct_i)}{\sum_{i=1}^n (\lambda_i)}$$

onde λ_i é o rácio de falha de um elemento individual de um *item* a ser medido, normalmente expresso em falhas/hora de operação do equipamento.

A \bar{Mct} é calculada como uma média ponderada usando *factores de fiabilidade*.

Salientamos ainda que o \bar{Mct} considera apenas o tempo de manutenção activa ou seja, o tempo que é despendido directamente na reparação do sistema. O *atraso de tempo logístico* e o *atraso de tempo administrativo* não estão incluídos, sendo, contudo, importantes todos os elementos de tempo.

2) \bar{Mpt} - Mean Preventive Maintenance Time

Manutenção preventiva refere-se a acção requerida para manter um sistema num nível específico de desempenho e pode incluir algumas funções periódicas como inspecção, serviço, substituições programadas de *itens* críticos, calibração etc.

\bar{Mpt} é a média do tempo gasto no desempenho da *manutenção preventiva* ou *manutenção programada* de um *item* e é expressa por:

$$\bar{Mpt} = \frac{\sum_{i=1}^n (fpt_i) \cdot (Mpt_i)}{\sum_{i=1}^n (fpt_i)}$$

onde fpt_i é a frequência de acções de *manutenção preventiva* num *item* individual por hora de operação, e Mpt_i é o tempo gasto para a acção de *manutenção preventiva* para o *item*.

A *manutenção preventiva* pode ser executada enquanto o sistema está a operar normalmente, ou pode resultar em *tempo perdido*. Nesta condição o tempo que diz respeito à *manutenção preventiva* pode traduzir-se no *tempo perdido* (down-time) do sistema.

Novamente, \bar{Mpt} inclui apenas o tempo activo em *manutenção* excluindo portanto o *tempo de atraso logístico* e o *tempo de atraso administrativo*.

3) \tilde{Mct} - Median Active Corrective Maintenance Time

O *Median Active Corrective Maintenance Time* é o valor que separa todos os tempo perdidos por forma a ter 50% de valores superiores ou iguais ao valor da média e 50% de valores inferiores ou iguais ao da média. A mediana normalmente traduz a melhor zona média da amostra de dados. A mediana para uma distribuição normal é a mesma que a média, enquanto que para distribuições log-normal é a média geométrica, conforme se mostra na Figura 8.2.

A \tilde{Mct} é calcula a partir da expressão:

$$\tilde{Mct} = \frac{\sum_{i=1}^n (\lambda_i) \cdot (\log Mct_i)}{\sum_{i=1}^n (\lambda_i)}$$

4) $\tilde{M}pt$ - Median Active Preventive Maintenance Time

A Median Active Preventive Maintenance Time é determinada utilizando o mesmo processo para o cálculo da Median Active Corrective Maintenance Time, e é expressa pela expressão

$$\tilde{M}pt = \frac{\sum_{i=1}^n (fpt_i) \cdot (\log Mpt_i)}{\sum_{i=1}^n (fpt_i)}$$

5) \bar{M} - Mean Active Maintenance Time

\bar{M} - é a média do tempo gasto para executar a manutenção preventiva e correctiva requerida. Ela inclui o tempo de atraso logístico e o administrativo e é expressa em:

$$\bar{M} = (\lambda) \cdot \bar{M}pt + (fpt_i) \cdot (\bar{M}pt_i) / \lambda + fpt_i$$

6) LDT - Logistic Delay Time

O tempo de atraso logístico, LDT, refere-se ao tempo de manutenção perdido resultante do tempo de espera para: a disponibilização de uma peça de substituição; a obtenção de um item ou equipamento de teste necessário à execução da acção de manutenção; a chegada de um transporte; a disponibilização de meios necessários para a manutenção, etc. O tempo de atraso logístico não inclui o tempo de manutenção activa, mas constitui um elemento fundamental do tempo total perdido na acção de manutenção.

7) ADT - Administrative Delay Time

O tempo de atraso administrativo refere-se à quantidade de tempo perdido durante cada acção de manutenção, resultante de causas de natureza administrativa: prioridades de pessoal, greves, constrangimento organizacional, etc. O tempo de atraso administrativo não inclui o tempo de manutenção activa, mas constitui também um

elemento significativo do *total de tempo perdido* na acção de manutenção.

8) MDT - *Maintenance Downtime*

O *tempo perdido em manutenção* constitui o total do tempo gasto (quando o sistema não se encontra operacional) para repor o sistema no seu estado original de operacionalidade, e/ou mantê-lo nessas condições. O *tempo perdido em manutenção* inclui o tempo de manutenção activa, o *tempo de atraso logístico* e o *administrativo*. O valor médio é calculado a partir do tempo gasto em cada função e da sua frequência associada.

2.2. Factores de horas de laboração em manutenção

É simples perceber que poderemos diminuir tempos de manutenção através da aplicação de mais recursos humanos, de acordo com tarefas específicas. A opção por este procedimento pode ter contrapartidas dispendiosas, particularmente no que se refere a tarefas específicas. Assim sendo o *factor de manutenêcia*, está relacionado com a facilidade e economia no desempenho da manutenção. Para tal um objectivo importante a atingir, é a obtenção do balanço entre o tempo gasto, as horas de trabalho e as tarefas do pessoal, por forma a conseguir um custo mínimo de manutenção.

Quando se consideram medidas do *factor de manutenêcia*, não é apenas importante considerar factores como o *Mean Corrective Maintenance Time* e o MDT, mas também é necessário ter em conta elementos de horas de trabalho. Nesse sentido, será importante empregar algumas medidas adicionais, como as que se seguem:

1. Horas de mão-de-obra despendidas por horas de operação de um sistema, MMH/OH - *Maintenance manhours per system operating hour*.

2. Horas de mão-de-obra despendidas por ciclo de operação de um sistema, MMH/ciclo - *Maintenance manhours per system operating cycle*.
3. Horas de mão-de-obra despendidas por mês, MMH/mês - *Maintenance manhours per month*.
4. Horas de mão-de-obra despendidas por acção de manutenção, MMH/MA - *Maintenance manhours per maintenance action*.

Qualquer um destes factores pode ser expresso em termos de valor médio. Por exemplo, \overline{MMH}_c = *mean corrective maintenance action*, expressa em:

$$\overline{MMH}_c = \frac{\sum_{i=1}^n (\lambda_i) \cdot (MMH_c)}{\sum_{i=1}^n (\lambda_i)}$$

onde λ_i é o rácio de falha para o item *i* (falhas/hora), e MMH_i é a média de horas de mão-de-obra de manutenção necessária para executar a reparação completa do *item i*.

Os valores de mão-de-obra de manutenção para a execução da *manutenção preventiva*, e do total da manutenção, podem ser calculados de forma similar. Estes valores podem ser determinados para qualquer dos níveis de manutenção, e ser empregues para determinar especificamente requisitos de suporte e custos associados (Blanchard, 1986; Coyle, 1992; Jones, 1994).

2.3. Factores de frequência de manutenção

Os factores de fiabilidade, MTBF e λ , são a base para determinar a frequência com que ocorre *manutenção correctiva*. Os factores manuteníveis relacionam-se com as características do desenho do sistema, por forma a minimizar os requisitos de *manutenção correctiva* e eliminar ou reduzir ao mínimo a manutenção programada. Neste sentido e nesta área, requisitos de manutenção e fiabilidade para um

determinado sistema devem ser compatíveis e mutuamente sustentáveis.

Adicionalmente aos aspectos de suporte para a *manutenção correctiva*, a manutenção também se relaciona com as características do desenho por forma a que minimizar (se não eliminar) os requisitos de *manutenção preventiva* para esse sistema. Algumas vezes, os requisitos de *manutenção preventiva* são acrescentados com o objectivo de melhorar a fiabilidade de um sistema (por exemplo, redução de falhas por substituição de um componente específico, num determinado intervalo de tempo). No entanto, a introdução de *manutenção preventiva* pode tornar-se extremamente dispendiosa se não for cuidadosamente controlada. Além disso, a inclusão de muita *manutenção preventiva* (particularmente em sistemas/produtos) muitas vezes tem um efeito negativo na fiabilidade de um sistema, induzindo frequentemente falhas no processo. Por isso, o objectivo da manutenção é estabelecer um equilíbrio entre *manutenção correctiva* e *manutenção preventiva* ao menor custo global.

1) MTBM - Mean Time Between Maintenance

MTBM é o tempo médio entre todas as acções de manutenção, *correctiva* e *preventiva*, e pode ser calculado por:

$$MTBM = \frac{1}{1/MTBM_C + 1/MTBM_P}$$

onde $MTBM_C$ é o intervalo médio entre acções de *manutenção correctiva* (manutenção não programada) e $MTBM_P$ é o intervalo médio entre acções de *manutenção preventiva* (manutenção programada).

O factor de *frequência de manutenção*, é o parâmetro principal para a determinação da disponibilidade e eficiência de um sistema.

2) MTBR - *Mean Time Between Replacement*

O factor MTBR, refere-se ao tempo médio entre a substituição de peças de um *item*, e é um dos elementos fundamentais para a determinação dos requisitos de peças de substituição.

Na sua essência MTBR é um factor significativo, aplicado quer em *manutenção preventiva*, quer em *manutenção correctiva* quando é necessária a substituição de *itens*, e é um factor chave para a determinação dos requisitos de suporte logístico. Um dos objectivos dos factores de manutenção é maximizar o MTBR.

2.4. Factores de custo de manutenção

Para muitos sistemas, os custos de manutenção constituem uma parte importante do custo total do seu ciclo de vida. Como já foi referido no capítulo anterior os custos de manutenção têm particular impacto no estágio inicial de desenvolvimento de um sistema, especialmente na decisão do seu desenho. Assim, é essencial que o custo total do ciclo de vida de um sistema seja considerado como um parametro fundamental para o seu desenho, iniciando-se com a definição dos requisitos que lhe são inerentes.

De particular interesse é o aspecto económico no desempenho das acções de manutenção. Isto é, o *factor de manutenênci*a está directamente relacionado com as características do desenho do sistema, que resultará em última instância no mínimo custo total.

Quando se consideram custos de manutenção, os índices dos custos-relativos devem ser critérios apropriados a utilizar no desenho de um sistema:

1. Custo por acção de manutenção;
2. Custo de manutenção por hora de operação do sistema;
3. Custo de manutenção por mês;
4. Custo de manutenção por missão ou parte de missão;
5. Rácio do custo de manutenção para o total do ciclo de vida do sistema.

3. FACTORES DE SUPORTE DE FORNECIMENTO

Os factores de suporte de fornecimento incluem as peças de substituição, e os inventários necessários à execução quer da *manutenção preventiva* quer da *manutenção correctiva*. Para cada nível de manutenção é necessário determinar o tipo de peças de substituição, e a quantidade de itens que devem ser adquiridos e os necessários para stock. Também é necessário conhecer a variedade e quantidade de itens que podem ser adquiridos numa transacção de compra.

A determinação da necessidade de peças de substituição é inicialmente baseada no conceito de manutenção de sistemas desenvolvido no capítulo VI através do LSA - *Logistic Suport Analysis*. A quantidade de peças de substituição é, essencialmente, função dos rácios de procura, e incluem considerações de:

1. Peças de substituição e componentes de reparação que cubram a substituição de *itens* resultantes de acções de *manutenção correctiva* e *preventiva*. As peças de substituição são os *itens* principais e que são reparáveis, enquanto que os componentes de reparação são os elementos não reparáveis;
2. Um nível adicional de stock de peças de substituição para compensar os *itens* em reparação;
3. Um nível adicional de stock de peças de substituição e componentes de reparação para compensar os *lead-time* de aquisição;
4. Um nível adicional de stock de peças de substituição para compensar os *itens* sem recuperação.

Neste âmbito tem particular significado a determinação da necessidade das peças de substituição, assim como o resultado da substituição dos *itens* durante o desempenho da manutenção. Os

factores mais importantes envolvidos neste processo são: (1) a fiabilidade do *item* que se destina a peça de substituição; (2) a quantidade de *itens* utilizados; (3) a probabilidade de uma peça de substituição estar disponível quando necessária; (4) o nível crítico da aplicação de um *item* considerado para o sucesso da missão; e (5) o custo.

4. FACTORES DE EQUIPAMENTO DE TESTE E SUPORTE

A categoria geral dos equipamentos de suporte e teste podem incluir um largo espectro de *itens*, tais como equipamento de teste electrónico de precisão, equipamento de testes mecânicos, equipamento de manuseamento portátil, instalações especiais, salas de manutenção, etc. Estes *itens*, podem estar distribuídos de diferentes maneiras e em diferentes oficinas, podendo inclusivamente estar geograficamente dispersos, quer a nível de país, quer a nível de continente ou mesmo planeta. É de salientar que esta distribuição do equipamento de teste e suporte depende da natureza da aplicação. O objectivo é conseguir o *item* correcto para o trabalho em causa, no local próprio, e na quantidade requerida.

Devido à grande diversificação dos equipamentos de suporte e de teste para cada sistema, torna-se difícil especificar medidas quantitativas que possam ser universalmente aplicadas. Algumas medidas são apropriadas para equipamentos de teste electrónico, outras são aplicáveis a equipamentos pneumáticos, etc. Além disso, a localização e aplicação específica de um determinado item de um equipamento de teste pode também resultar em medidas diferentes. Por exemplo, um item para um equipamento de teste utilizado no suporte de manutenção no Nível O, pode ter requisitos diferentes quando um item similar para um equipamento de teste é utilizado no suporte de manutenção de Nível I.

No entanto, todo o equipamento de teste e suporte requerido em cada nível de manutenção é importante para a operacionalidade de um sistema, se bem que as estações de teste no Nível I e no Nível D sejam determinantes, especialmente se esses itens são próprios para o suporte de determinado número de sistemas em diferentes áreas de utilização, inclusivamente quando dispersas do ponto de vista geográfico.

Quando se determina os requisitos para equipamentos de teste específicos, temos que definir: (1) que tipo de *ítems* vão estar sujeitos a acção de manutenção; (2) o tipo de testes a realizar em cada item, incluindo os parâmetros de desempenho a ser medidos e as respectivas tolerâncias; e (3) a previsão da frequência dos testes por unidade de tempo. O tempo e a frequência de entrada dos *ítems* na oficina, é baseada no conceito de manutenção e na fiabilidade do sistema. Quando se determinam estes factores, convém lembrar que, quando um *item* entra na oficina, pode ser processado imediatamente, ou pode ficar em fila de espera, dependendo da disponibilidade do equipamento de teste e do pessoal que desempenha essas acções de manutenção.

Quando se avalia o processo de teste em si, deve determinar-se antecipadamente as necessidades de utilização do equipamento de teste. Esta determinação pode ser estimada tendo em consideração a distribuição do tempo de reparação para os diferentes itens que chegam à oficina.

Dada as necessidades de utilização de um equipamento de teste, é necessário determinar antecipadamente a fiabilidade e manutenção de acordo com a configuração do mesmo, e considerada na sua aplicação. Por conseguinte, devem estar presentes os valores do MTBM e do MDT do equipamento de teste propriamente dito. Naturalmente que o equipamento de teste deve ser mais fiável que os itens que são testados. Também, em circunstâncias onde a complexidade do equipamento de teste é elevada, os recursos logísticos de suporte ao mesmo deverão ser extensivos (por exemplo a

frequência de calibração de determinado item do equipamento de teste). Na sua essência, não é mais do que a exigência de determinar o tempo em que o equipamento de teste estará disponível para desempenhar a sua função.

5. FACTORES ORGANIZACIONAIS

Os factores associados com a organização da manutenção, são típicos para qualquer organização. Têm interesse particular, relativamente ao suporte logístico os seguintes:

1. O tempo de mão-de-obra directa em manutenção por cada categoria de pessoal, gasto no desempenho de actividades de manutenção. Este tempo pode ser dividido em termos de *manutenção correctiva e preventiva*, e pode ser expresso em: (a) MMH/OH - *Maintenance manhours per system operating hour*; (b) MMH/ciclo - *Maintenance manhours per system operating cycle*; (c) MMH/mês - *Maintenance manhours per month*; (d) MMH/MA - *Maintenance manhours per maintenance action*;
2. O tempo de mão-de-obra indirecta necessária para suporte das actividades de manutenção;
3. O rácio de rotação do pessoal (em percentagem);
4. O rácio de formação e treino ou os dias de trabalho em formação e treino por ano;
5. O número de solicitações de manutenção por unidade de tempo (dia, semana, mês ou ano), e o tempo médio para o processamento destas solicitações;
6. O *tempo de atraso administrativo* médio, ou o tempo médio desde que um *item* é inicialmente recebido para manutenção, até ao ponto em que a manutenção activa no mesmo começa.

Quando se analisa o espectro total logístico, o elemento organizacional é crítico para o sucesso efectivo do suporte de um sistema durante o seu ciclo de vida. A quantidade correcta de pessoal e tarefas devem estar disponíveis quando necessárias, e os indivíduos destacados para esse trabalho devem estar devidamente treinados e motivados. Em qualquer organização, é importante estabelecer medidas que se relacionem com a eficiência organizacional e a produtividade.

6. FACTORES DE SOFTWARE

Para muitos sistemas, o *software* é um elemento fundamental de suporte. Isto é particularmente verdade quando se utilizam sistemas automatizados, aplicações de computador, bases de dados digitais, e a maneira como são usados na realização da manutenção e suporte logístico. O *software* pode ser avaliado em termos de nível de linguagem e complexidade, comprimento dos programas relativamente ao número de linhas de código a introduzir, custo por sub-rotina de manutenção, etc. (Vick e Ramamoorthy, 1984; Pressman, 1995).

Tal como nos equipamentos, fiabilidade e qualidade são considerações significativas no desenvolvimento do *software*. No entanto, o *software* não se degrada da mesma forma que um equipamento, mas a sua fiabilidade constante é importante e deve ser medida. Apesar das tentativas feitas no sentido de obter um consenso para a medição da fiabilidade do *software*, não existem ainda definições concretas no que se refere a medidas específicas ou níveis de desempenho aceitáveis a este respeito. Desta forma, uma definição de fiabilidade de software é “a probabilidade de falha não resultante de operação de um componente de software ou sistema numa circunstância específica num determinado tempo”. Uma falha é definida como “um arranque inaceitável de uma operação não de



acordo com os requisitos do programa”, e um erro é “um defeito de *software* que provoca uma falha”.

Em qualquer evento, no desenvolvimento inicial de *software* ocorrem erros, sendo a fiabilidade do mesmo função do número de erros existentes, enquanto estes não forem eliminados. Alguns erros podem ser classificados como uma falha ou uma omissão lógica, erros de endereçamento, falta de comentários, problemas de integração ou regressão, problemas de contagem ou cálculo, e/ou erros de documentação. Normalmente, a medida global é em termos do número de erros por cada 1000 linhas de código fonte. As linguagens de alto nível conterão provavelmente menos erros uma vez que apenas são necessárias algumas linhas de código (comparativamente com as linguagens assembly). Por outro lado a complexidade da linguagem deve ser introduzida no processo.

Na especificação e desenvolvimento de *software* de sistemas, devem ser identificados os factores de medida, e o sistema deve ser avaliado não apenas pelos factores de equipamento e humanos que envolve mas também pelos factores de *software* em si. Os requisitos de suporte logístico para todos os sistemas incluem necessidades de equipamento, pessoal, informação, consumíveis e *software* (Blanchard, 1986; Coyle, 1992; Jones, 1994).

7. FACTORES DE DISPONIBILIDADE

O termo *disponibilidade* é muitas vezes usado como medida de prontidão de um sistema, isto é, o grau, percentagem, ou a probabilidade de um sistema estar pronto ou disponível quando solicitado para utilização. A *disponibilidade* pode ser expressa de diferentes formas, dependendo da missão do sistema e da sua função. As três formas de *disponibilidade* mais usuais são:

Disponibilidade inerente (A_i)

Disponibilidade inerente é a probabilidade de um sistema ou equipamento, quando usado nas suas condições *ideais* de funcionamento e suporte, operar satisfatoriamente em qualquer altura do tempo em que é utilizado. A *disponibilidade inerente* exclui acções de *manutenção preventiva* ou programada, LDT e ADT, e é expressa em:

$$A_i = \frac{MTBF}{MTBF + \bar{M}ct}$$

onde MTBF é o tempo médio entre falhas e $\bar{M}ct$ é o tempo médio de *manutenção correctiva*.

Disponibilidade encontrada (A_e)

Disponibilidade encontrada é a probabilidade de um sistema ou equipamento, quando usado nas suas condições *ideais* de funcionamento e suporte, operar satisfatoriamente em qualquer altura do tempo. Este tipo de *disponibilidade* é equivalente à *disponibilidade inerente*, excluindo o facto da *manutenção preventiva* ou programada ser incluída, e é expressa em :

$$A_e = \frac{MTBM}{MTBM + \bar{M}}$$

onde MTBF é o tempo médio entre manutenção e \bar{M} é o tempo médio de manutenção activa. O MTBM e o \bar{M} são funções das acções de manutenção correctiva e preventiva, e respectivos tempos.

Disponibilidade operacional (A_o)

Disponibilidade operacional é a probabilidade de um sistema ou equipamento, quando usado nas suas condições *actuais* de

funcionamento e suporte, operar satisfatoriamente em qualquer altura em que é solicitado. Este tipo de *disponibilidade* é expressa em:

$$A_o = \frac{MTBM}{MTBM + MDT}$$

onde o MDT é o tempo de manutenção perdido.

8. FACTORES ECONÓMICOS

A combinação das orientações económicas, taxas de inflação, experiência de crescimento dos custos para muitos sistemas e produtos, a redução da compra de potência em relação aos equipamentos, as limitações de orçamento, etc. são fundamentais na avaliação do controlo do custo total do sistema/produto. Não são apenas os custos associados com as aquisições de novos sistemas, mas os custos de operação e manutenção dos sistemas em uso, que aumentam em muito os rácios de custos.

Para lidar com o custo deve ter-se em conta o custo total durante o ciclo de vida do sistema/produto. O problema da visibilidade dos custos pode ser ilustrado como o efeito de *iceberg* (Figura 8.3), onde não são apenas considerados os custos de aquisição de sistemas, mas todos os outros custos nele envolvidos. Além disso, quando se avaliam custos totais, a experiência mostra que a maior parte dos custos afectados no projecto do ciclo de vida de um dado sistema ou produto, provêm das decisões tomadas durante a fase inicial do planeamento (programa e desenho conceptual do sistema). Estas decisões relacionam-se com a avaliação dos diferentes perfis alternativos de operacionalidade, manutenção e políticas de suporte, afectação de pessoas a máquinas, esquemas de embalamento do sistema, nível do conceito de reparação, etc. Assim, para lidar com os

factores de custo torna-se necessário uma aproximação ao ciclo de vida do sistema/produto (Blanchard, 1978; Jones, 1994).

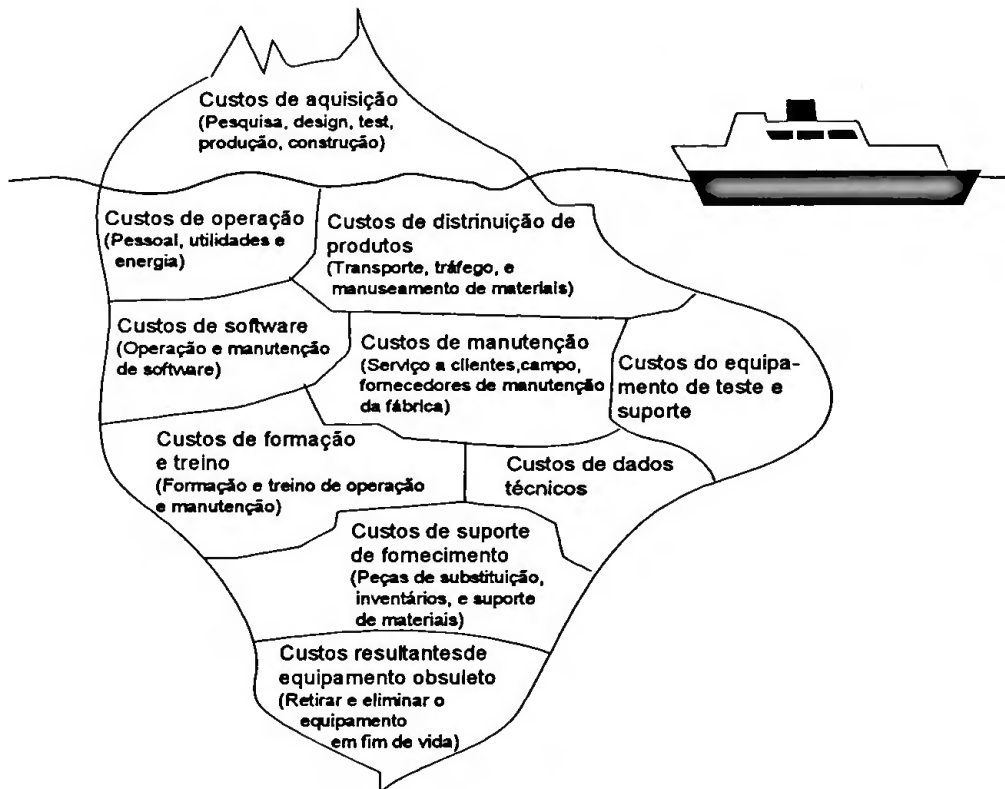


Figura 8.3 - (in) Visibilidade do total dos custos

Na definição dos dados referentes a custos, um dos primeiros passos é a definição do ciclo de vida do sistema/produto, e projectar as várias actividades a executar em cada fase. Conforme já foi referido no capítulo anterior também os custos do ciclo de vida inclui os custos associados com todas as actividades do sistema relacionadas com a pesquisa e desenvolvimento, desenho, teste e avaliação, produção, construção, distribuição do produto, operação do sistema, manutenção de suporte e logística de suporte, e reforma e substituição do sistema. A existência deste tipo de informação obriga certamente à definição de uma orientação de base para suporte e desenvolvimento dos factores de custo do ciclo de vida. Assim, torna-se primordial construir uma

estrutura de referência, cujos objectivos são identificar as relações entre actividades e recursos, e constituir uma subdivisão lógica dos custos por área funcional de actividade, elemento principal do sistema, e/ou uma ou mais classes discretas comuns ou semelhante a itens.

A Figura 8.4 ilustra um exemplo de uma estrutura de referência.

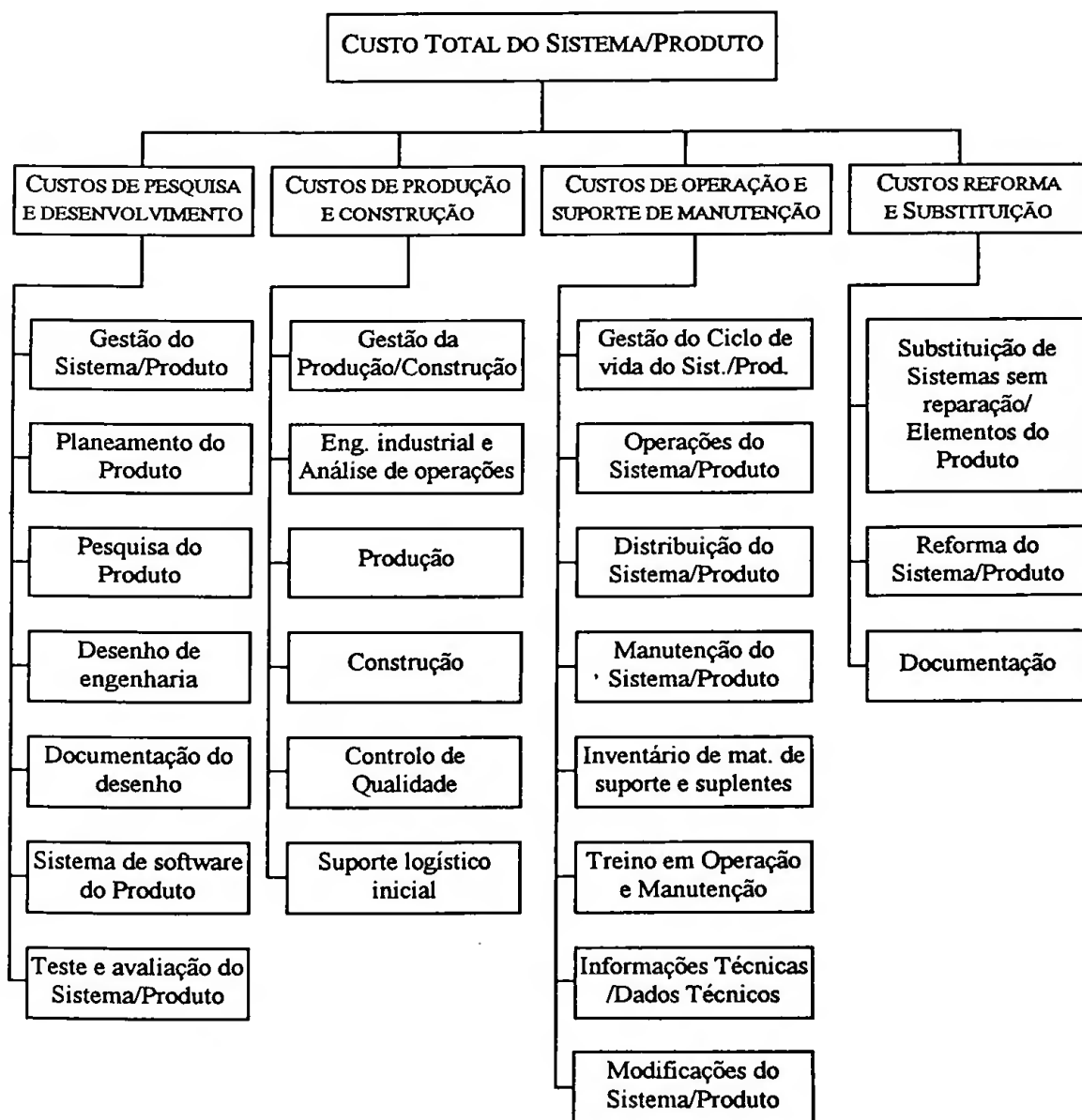


Figura 8.4 - Exemplo de uma estrutura de referência para custos

O passo seguinte é fazer uma estimativa de custos, por categoria na estrutura de referência, para cada ano do ciclo de vida. Os custos estimados devem incluir os efeitos da inflação, curvas de aprendizagem, e outros factores susceptíveis de influenciar os custos, para cima ou para baixo. Os custos estimados são derivados da combinação dos históricos, projecção de custos de projecto, propostas de fornecedores, e previsões. Quando não existem disponíveis dados sobre custos, a estimativa é feita com base em analogia e/ou métodos de estimativas paramétricos.

Os factores individuais de custos, estimados para cada ano do ciclo de vida devem prever antecipadamente a taxa de inflação, e totalizados e projectados de acordo com o perfil de custos ilustrado na Figura 8.5. Este perfil reflecte requisitos de orçamentos futuros para o ciclo de vida do sistema.

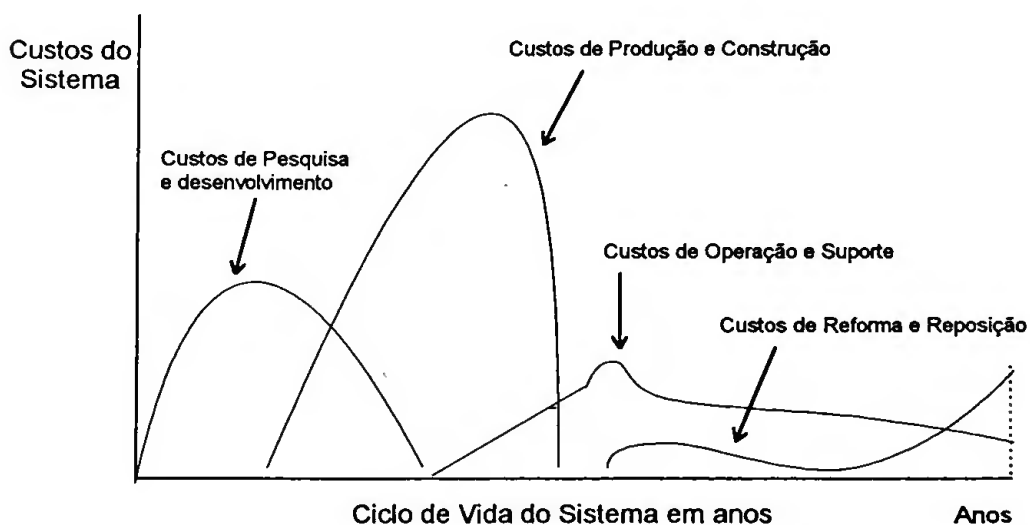


Figura 8.5 - Desenvolvimento de um perfil de custos

Na avaliação de alternativas, em que cada uma delas têm perfil de custos diferente, as actividades geradoras de custo variam de uma instancia para outra, os factores de fiabilidade e manutenção são diferentes, e os requisitos logísticos de suporte serão únicos para cada

situação. A Figura 8.6 ilustra perfis de custos para três configurações de sistema para a mesma aplicação.

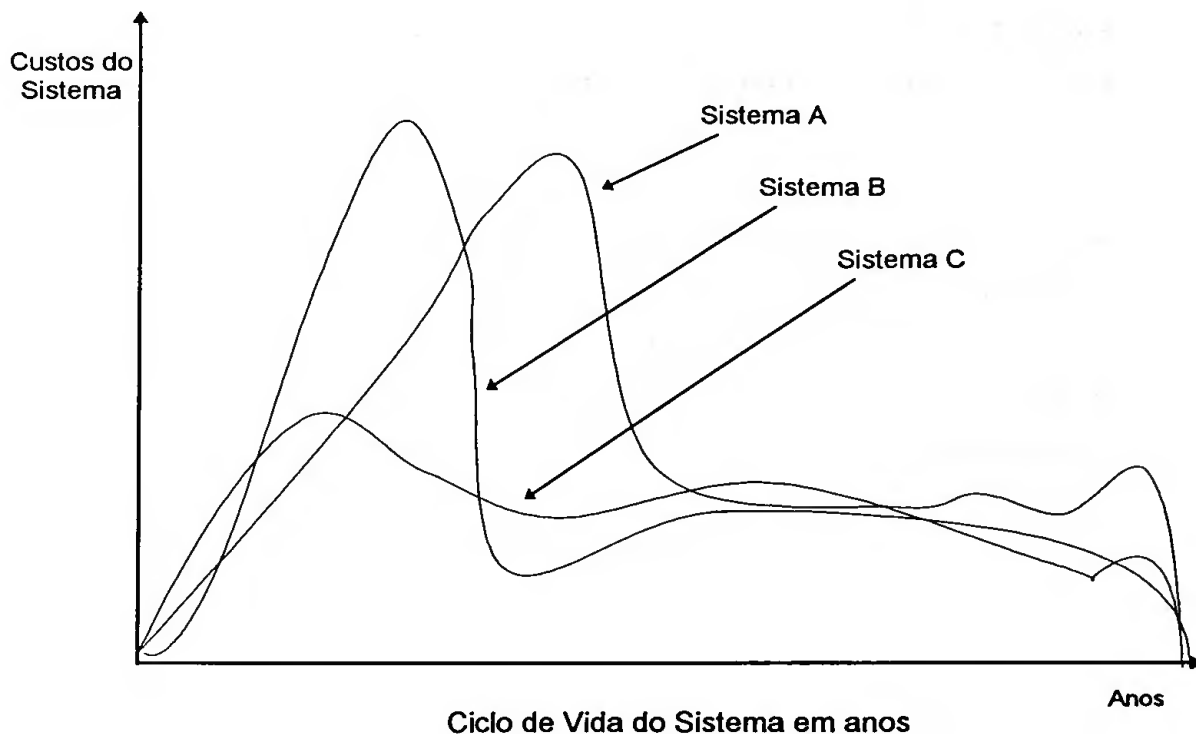


Figura 8.6 - Perfis de custo alternativos para o Ciclo de Vida do Sistema

A comparação dos cursos possíveis a seguir para as diferentes acções requer a associação dos custos inerentes a cada alternativa em questão ser relativo a uma base equivalente, isto é a altura em que a decisão é para ser tomada.

Podemos dizer, e finalizando este ponto, que o rendimento e os custos podem ser tratados de forma diferente, em função do problemas que estiver a ser resolvido no momento.

9. FACTORES DE RECURSOS

São necessários recursos para o suporte de actividades referentes à realização de tarefas activas de manutenção, preparação

de funções de armazenamento de peças e componentes de reparação, e para proporcionar instalações relativas a funções administrativas. Embora as medidas quantitativas específicas associadas aos recursos possam variar significativamente de um sistema para outro, os factores descritos abaixo são considerados como relevantes na maioria dos casos:

1. Tempo de rotação de um item - é o tempo gasto para processar um item na manutenção, até retornar ao seu estado de total operacionalidade.
2. Utilização de recursos; por exemplo, a relação entre o tempo de utilização e o tempo de disponibilidade para o uso de um recurso, a percentagem de utilização em termos de espaço ocupado, etc.
3. Energia utilizada no desempenho da manutenção; por exemplo, o consumo de unidades de energia por acção de manutenção, o custo da energia consumida pelo incremento do tempo de manutenção ou por acção de manutenção, etc.
4. Custo total do recurso para o suporte e operação do sistema; por exemplo, o custo total por mês, o custo por acção de manutenção. etc.

10. FACTORES DE TRANSPORTE E MANUSEAMENTO

As necessidades de transporte incluem a movimentação de recursos, humanos e materiais, entre a sua origem e as várias localizações onde as actividades de manutenção são requeridas. Mais especificamente, pessoal e material muitas vezes enviado de uma oficina remota para fazer o suporte de manutenção no local onde se encontra o cliente. Além disso, itens de equipamento que requeiram acções de manutenção extensivas deverão ser enviados pelo cliente

para manutenção, de Nível I ou de Nível D, dependendo das características do tipo de reparação. Na sua essência, o transporte representa uma peça fundamental na área do suporte logístico.

Quando se avalia a eficiência do transporte, deve-se ter em consideração factores como:

1. A rota de transporte; dentro do país, entre que países, necessidades dos clientes, etc.
2. Capacidade e aptidão do transporte; por exemplo, o modos de transporte (ar, caminho de ferro, marítima, estrada), o volume da mercadoria transportada, a quantidade de itens transportados, a quantidade de carrinhas ou camiões carregados, etc.
3. Tempo de transporte; por exemplo, o tempo médio de transporte. Este factor, assume particular interesse quando se fazem deslocar pessoas, peças de substituição e recursos para suporte de actividades de manutenção.
4. Custo do transporte; por exemplo, o custo de envio por encomenda, o custo do transporte rodoviário por Km, o custo de embalagem e manuseamento, o custo de transporte e manuseamento por ano, etc.

Os factores de transporte e manuseamento são particularmente significativos quando se considera se o factor transportável ou mobilidade de um sistema. Tanto os requisitos de transporte como o sistema (e os seus itens) devem ser desenhados por forma a que as actividades de transporte e manuseamento possam ser consumadas com eficácia e eficiência.

Os factores identificados neste ponto, particularmente o tempo de transporte e o custo, são parâmetros requeridos como entradas na execução do suporte logístico e na análise de custo do ciclo de vida do sistema/produto.

11. FACTORES DE EFICIÊNCIA

A determinação da eficiência pode ser quantificada de várias formas, dependendo da missão específica do sistema ou das suas características, para a medida que se pretende obter. A eficiência deve considerar:

1. O desempenho do sistema e parâmetros físicos - capacidade, precisão, volume, velocidade, etc.;
2. A operacionalidade do sistema e factores de suporte - disponibilidade, fiabilidade, manutenção, prontidão, facilidade de manuseio, facilidade de transporte, etc.;
3. O custo total do seu ciclo de vida - custos de pesquisa e desenvolvimento, custos de produção/construção, custos de operação e manutenção, custos de substituição do equipamento, etc.

Através do relacionamento entre o desempenho ou parâmetros de operacionalidade e custos, pode-se obter o valor da eficiência de um sistema. Alguns exemplos estão indicados nas expressões abaixo:

Exemplo 1 :

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Disponibilidade}}{\text{Custo do ciclo de vida}}$$

Exemplo 2:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Fiabilidade}}{\text{Custo do ciclo de vida}}$$

Exemplo 3:

$$\text{Eficiência} = \frac{\text{Custo do ciclo de vida}}{\text{Disponibilidade de espaço}}$$

O uso do valor da eficiência de um sistema é particularmente apropriado na avaliação de duas ou mais alternativas, quando são necessárias tomadas de decisão que envolvem desenho e/ou suporte logístico.

Resumo:

O objectivo deste capítulo foi aprofundar alguns dos factores quantitativos aplicáveis mais comuns, no desenvolvimento da capacidade de suporte logístico para um sistema.

A Figura 8.7 representa um fluxo básico Operacional/Manutenção para um sistema/equipamento. Os blocos apresentados podem ou não representar uma localização física separada e variam função do tipo de sistema/equipamento.

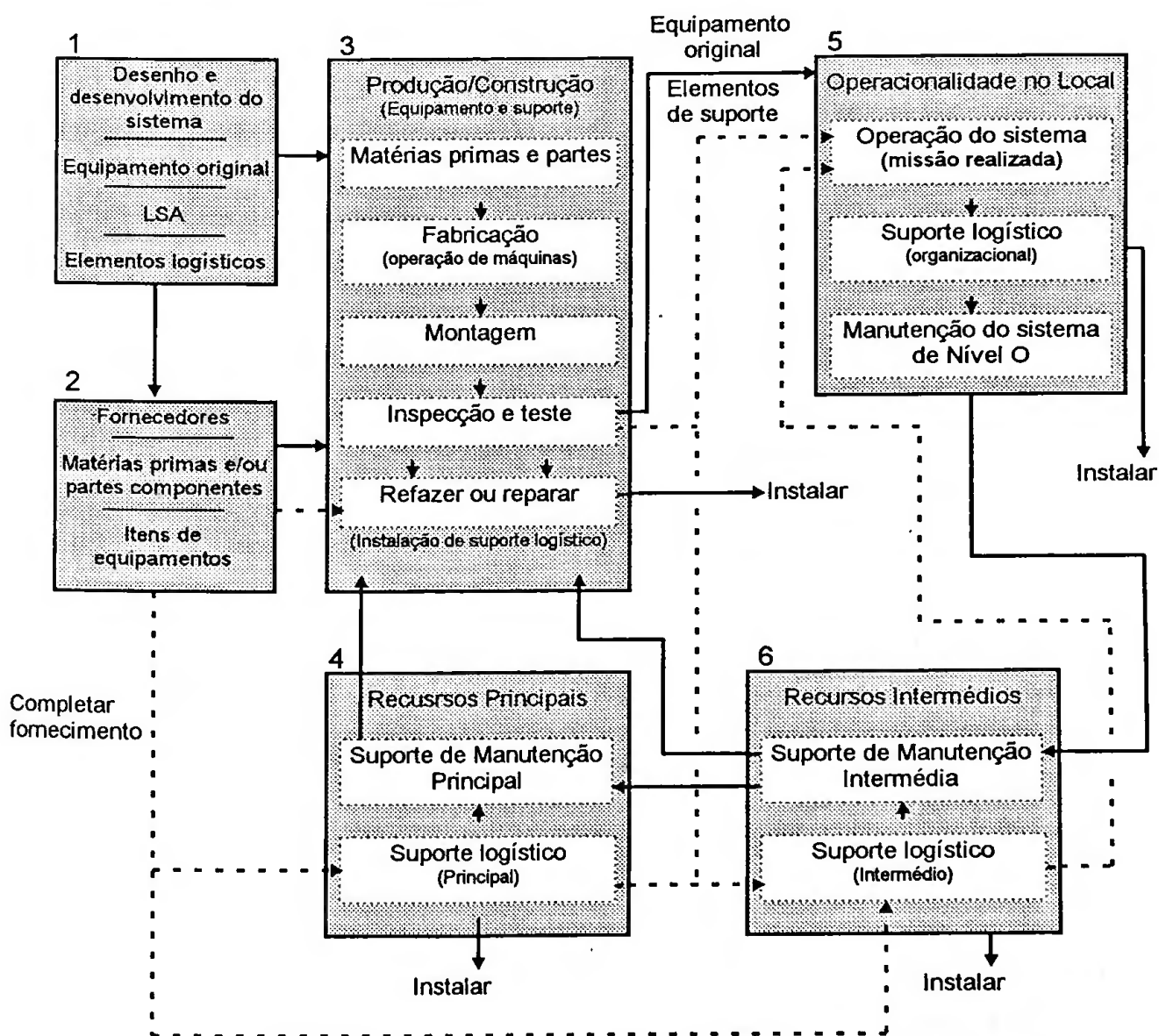


Figura 8.7 - Fluxo básico Operacional/Manutenção para um equipamento

Depois de terminado o desenvolvimento do sistema/equipamento, o resultado é trasladado para a construção/produção e para a distribuição do sistema operacional. O suporte logístico, representado no desenho do processo (bloco 1), reflecte primeiramente factores de fiabilidade, de manutenção e económicos.

Na produção e/ou construção, matérias primas e partes componentes (bloco 2), são transportada para a fábrica (bloco 3), inspeccionadas, montadas, e testadas, sendo o produto acabado enviado para uso operacional (bloco 5). Para assegurar a produção/construção e as funções de distribuição são necessários equipamento de suporte e teste, peças de substituição e controlo de inventários, dados técnicos, recursos e pessoal

Quando o sistema está operacional (bloco 5), para que ele desempenhe a sua missão, necessita operadores, pessoal treinado, equipamento de transporte e manuseamento, recurso e informação. Estes elementos de suporte logístico são essenciais para o sucesso da missão a que o equipamento/sistema se destina.

Durante a progressão de um equipamento no seu ciclo de vida, são necessárias acções de manutenção correctiva e manutenção preventiva para repor e/ou manter o equipamento completamente operacional. Assim, pode-se ver na Figura 8.7 o fluxo da manutenção, incluindo a manutenção de Nível O (Bloco 5), a manutenção de Nível I (bloco 6), e a manutenção de Nível D (bloco 3 e 4).

Para assegurar a realização das diferentes funções da manutenção, em cada nível, são necessários equipamentos de suporte e teste, peças de substituição, dados técnicos, recursos e pessoal de manutenção devidamente treinado.

Quando se lida com a totalidade do suporte logístico, todo o fluxo do processo deve ser tratado como uma entidade. Cada bloco da Figura tem impacto nos outros. O tratamento de qualquer função individualizada deve ser ponderada pelo efeito das outras. Por regra, o sistema é requerido para conseguir um objectivo de disponibilidade de 90%. Tem-se em consideração que em alguma altura num determinado momento o sistema falhará. Assim torna-se necessária a existência de um inventário de peças de substituição para a manutenção de Nível

O (bloco 5) para assegurar que as peças necessárias estarão disponíveis quando são precisas. Admitindo que item que falhou é reparável, é então importante determinar as peças requeridas para a manutenção de Nível I (bloco 6) ou para a manutenção de Nível D (bloco 4), para suporte das reparações a ser efectuadas. Da mesma forma, é necessário determinar o equipamento de teste e suporte requerido para conseguir isolar a falha e direccionar o equipamento para o nível de manutenção apropriado. O objectivo é desenvolver uma capacidade óptima de suporte logístico global, pela avaliação da configuração de diferentes alternativas, incluindo a mistura de diferentes elementos de suporte logístico em cada nível.

Atingir este objectivo requer uma compreensão das diferentes medidas de suporte logística apresentadas neste capítulo. Estas medidas são muito inter-relacionadas, e cada área deve ser acedida no contexto do sistema como uma entidade, isto é, as actividades representadas na Figura 8.7

CAPÍTULO IX CONCLUSÕES

Esta tese conclui que:

Na competitividade actual destaca-se o serviço prestado por uma empresa aos seus clientes como um dos factores de decisão de compra. A logística é a sua ponte de ligação, pois que ela é parte integrante da combinação serviço/marketing.

As expectativas dos clientes em relação ao serviço prestado pelas empresas são a obtenção de *zero erros, zero defeitos* e alcançar níveis de desempenho elevados ao menor custo. Para atingir estas expectativas dos seus clientes, as empresas deverão encaminhar-se para a qualidade logística, representativa de todos os processos logísticos que acrescentem valor. Assim, o serviço não é o fim da relação da empresa com o cliente mas sim o início e determinante para um posicionamento de liderança no mercado.

A cadeia de valor sugerida por Porter oferece uma forma sistemática de dividir uma empresa nas suas actividades de valor. Através de desagregações sucessivas das suas actividades primárias, concretamente Logística Interna e Logística Externa, obtém-se a cadeia logística de fornecimento onde se identifica como uma das suas sub-actividades que acrescentam valor e factor fundamental da produtividade: a Manutenção Preventiva.

Sendo a Manutenção Preventiva um serviço, relacionado directamente com os factores de afectação de recursos produtivos, acrescenta valor e é determinante para na retaguarda assegurar os compromissos assumidos na

frente da organização, sendo um importante contributo para a sustentação da vantagem competitiva.

Conforme já foi referido anteriormente, o serviço não é o fim da relação de uma empresa com os seus clientes mas sim o início, pelo que a Manutenção Preventiva é um factor determinante na cadeia de fornecimento logística, onde só com um bom desempenho da mesma é possível garantir esta ponte de ligação (cliente/empresa), com resultados fundamentais para um posicionamento de liderança no mercado. Assim, deverá existir uma atenção particular à uma Manutenção Preventiva activa na indústria, uma vez que através dela se consegue o melhoramento de custo ou de desempenho das actividades de valor, permitindo deita feita um crescimento sustentado e a real integração da cadeia de fornecimento logística.

Um dos objectivos fundamentais do processo produtivo é garantir o estado original dos equipamentos, dentro do menor custo, e sem afectar a produtividade, avaliando correctamente o desgaste sem ultrapassar o limite do danificado. Só por intermédio de uma Manutenção Preventiva activa é possível garantir o estado original de funcionamento de um sistema ou reconduzi-lo a esse mesmo estado.

A Manutenção Preventiva, na sua componente condicional, detecta, diagnostica e faz a análise da tendência permitindo reajustar as previsões das operações de manutenção a executar, e o tempo durante a qual é possível continuar a utilizar o equipamento sem que este avarie.

O culminar do processo de planeamento de manutenção é o desenvolvimento detalhado da manutenção, com documentação que explicita, exactamente, como a manutenção do sistema deve ser feita. Assim, uma falha no



planeamento da Manutenção Preventiva pode resultar na insuficiência de recursos de suporte a disponibilizar e por conseguinte, na degradação do equipamento para o desempenho da missão que lhe é atribuída.

As acções de manutenção não podem ser desempenhadas sem os recursos necessários, tais como ferramentas, equipamento de teste, peças de substituição, recursos apropriados, formação e tempo. Desta forma a análise de tarefas da Manutenção Preventiva é um contributo fundamental, uma vez que identifica todos os recursos de suporte, em termos de quantidade e tipo, assim como os tempos despendidos em cada nível de manutenção e ainda a identificação do pessoal necessário.

O caminhar para a obtenção de excelência produtiva leva-nos inevitavelmente à procura do *zero defeito* pelo que a intensificação das tarefas de Manutenção Preventiva se torna de extrema importância.

O objectivo TPM (Total Productive Maintenance) é alcançar a eficiência e eficácia global do sistema de produção, através da participação de todos os empregados nas actividades de Manutenção Preventiva. Assim, à semelhança do que se tem feito em relação ao de TQC (Total Quality Control) a introdução deste conceito é um investimento de futuro e deverá fazer parte integrante dos objectivos da empresa.

Independentemente das medidas de logística estarem todas interligadas, deverão ser escolhidas de acordo do tipo de análise que se quer da Manutenção Preventiva, como seja a eficiência e/ou prontidão de um equipamento ou sistema.

Aos tempos de tranquilidade do passado sucedem-se agora os ciclos do vencedor e do vencido, com uma frequência e rapidez compatíveis com tudo o que se passa na tecnologia, na economia e na política.

Não são de esperar regressos ao passado, mas antes acelerações ainda mais bruscas a caminho do próximo futuro.

O que é caro não é fazer bem à primeira, mas sim ter que repetir.

BIBLIOGRAFIA

Alfred, James K. in "Changing the manufacturing paradigm" - Industrial Engineering vol: 25 N°: 8 Ago/93 pág: 16-17

Anónimo_1 in "Manufacturing challenge" - Logistics Information Management vol: 7 N°: 3 1994 pág: 5-6

Anónimo_2 in "Zinging and sagging down the information superhighway" - Material Handling Engineering vol: 49 N°: 5 Mai/94 pág: 40-41

Armistrad, Colin G. e Mapes, John in "The impact of se supply chain integration on operating performance" - Logistics Information Management vol: 6 N°: 4 1993 pág: 9-14

Arnott, Nancy in "Selling is dying" - Sales & Marketing Management vol: 146 N°: 8 Jan/94 pág: 82-84

Baker, R. C. in "Time-based performance measurement: a model to aid competitive restructuring" - Logistics Management Information vol: 6 N°: 1 1993 pág: 32-37

Ballard, Rick e Tomlinson, Simon in "Warehouse management: State of the art & trends" - Logistics Focus 1994 pág: 33-34

Bamfield, J. A. N. in "Implementing EDI" - Logistics Information Management vol: 7 N°: 1 1994 pág: 7-10

Banergee, Snehamay e Golhar, Damodar Y. in "EDI implementation: A comparative study of Jit and non Jit manufacturing firms" - International Journal of Physical Distribution & Logistics Management Vol: 23 N°: 7 1993 pág: 22-31

Binghman, David in "Take a fresh look at your logistics strategies" - Transportation & Distribution vol: 35 N°: 3 Mar/94 pág: 58-60

Birts, Anthony e Cousins, Paul D. in "Purchasing partnerships, technology and the treasury function" - Logistics Information Management vol: 7 N°: 2 1994 pág: 18-24

Blanchard, Benjamin S in "The Impact of Integrated Logistic Support on the Total Cost-Effectiveness of a System" - International Journal of Physical Distribution & Logistics Management Vol: 21 N°: 5 1991 pág: 23-26

Blanchard, Benjamin S. - DESIGN AND MANAGE TO LIFE CYCLE COST - Press Beaverton, 1978

Blanchard, Benjamin S. - LOGISTICS ENGINEERING AND MANAGEMENT - Prentice Hall, 1986

(continuação da bibliografia)

Bonney, M. C. in "Trends in inventory management" - International Journal of Production Economics vol: 35 Nº: 1 Jun pág: 107-114

Boucly, F. - MAINTENANCE: LES COUTS DE LA NON EFFICACITÉ DES EQUIPEMENTS - AFNOR, 1988

Boulenger, A. - VERS LE ZÉRO PANNE AVEC LA MAINTENANCE CONDITIONELLE - AFNOR, 1988

Bowersox, Donald J.; Carter-, Philip L. e Monczka, Robert M. in "Material logistics management" - International Journal of Physical Distribution & Logistics Management Vol: 23 Nº: 5 1993 pág: 46-51

Bradley, Peter in "Logistics joins links in automotive supply chain" - Purchasing vol: 116 Nº: 3 Mar/94 pág: 57-59

Bradley, Peter in "Trucking in JIT" - Purchasing Vol: 113 Nº: 3 Set/92 pág: 67-70

Browercox, Donald J. in "Integrated Logistics: A Competitive Weapon" - Council of Logistics Annual Conference Proceedings vol: I 1987 pág: 1-14

Cahn, David M. in "What benefits will global EDI offer?" - Transportation & Distribution Vol: 33 Nº: 6 Jun/92 pág: 63-64

Christopher, Martin in "Logistic management and the organisation of tomorrow" - Logistics Focus 1994 pág: 26-29

Clemson, Eric K. e Row, Michael C. in "Information, power and control of the distribution channels" - Chief Executive Nº: 85 Mai/93 pág: 64-67

Cocke, James Aaron in "Logistics quality - Beyond quality...speed" - Traffic Management vol: 33 Nº: 6 Jun/94 pág: 32-37

Copacino, William C. in "Getting organised for de late 90's" - Traffic Management vol: 33 Nº: 1 Jan/94 pág: 37-38

Copacino, William C. in "Moving beyond 'just say yes' logistics" - Traffic Management vol: 32 Nº: 9 Set/93 pág: 35-37

Copacino, William C. in "What is fluid distribution?" - vol: 32 Nº: 4 Abr/93 pág: 35

Davis, Tim R. V. in "The distribution revolution" - Planning Review vol: 22 Nº: 2 Mar/Abr/94 pág: 46-49

Dawe, Richard L. in "An investigation of the pace and determination of information technology use in the manufacturing materials system" - Journal of Buisness Review vol: 15 Nº: 1 1994 pág: 229-259

Deffner, Horst in "Reengenharia dos processos logísticos", Abril/95

(continuação da bibliografia)

- Douchy, J.M. - **VERS LE "ZÉRO DEFAUT" DANS L' ENTREPRISE** - Dunod, 1988
- Drucker, Peter - **INOVAÇÃO E GESTÃO** - Editorial Presença Lda, 1986
- Edwards, John in "Going places" - CIO vol: 7 N°: 17 Jun/94 pág: 70-74
- Ehrenreich, Hansen in "Change order management for construction projects" - FritzCost Engineering Vol: 36 N°: 3 Mar 1994 pág: 25-28
- Evans, G. N.; Naim, M. M. e Towil, D. R. in "Dynamic supply chain performance: Assessing the impact of information systems" - Logistics Information Management Vol: 6 N°: 4 1993 pág: 15-25
- Ferrin, Bruce "Planning just-in-time supply operations: A multiple case analysis" - Journal of Business Logistics vol: 15 N°: 1 1994 pág: 53-69
- Fuller, Joseph B.; O Conner, James e Rawlinson, Richard in "Tailored logistics: the next advantage" - Harvard Business Review vol: 71 N°: 3 Mai/Jun93 pág: 87-93
- Gary N. Dicer, Ph. D. (1987) - **CASE HISTORIES IN INTERNATIONAL LOGISTICS** - Tennessee University
- Gertsbakh. I. B. - **MODELS OF PREVENTIVE MAINTENANCE** - North - Holland Publishing Company, 1987
- Gopal, Christopher; Cahill, Gerry - **LOGISTICS IN MANUFACTURING** - The Business One Irwing, 1992
- Gray, Ann E.; Karmarkar, Uday S. e Seidman, Abraham in "Design and operation of an order-consolidation warehouse: Models and applications" - European Journal of Operational Research vol: 58 N°: 1 Abr/92 pág: 14-36
- Gunn, Thomas G. - **MANUFACTURING FOR COMPETITIVE ADVANTAGE: BECOMING A WORLD CLASS MANUFACTURER** - Ballinger Publishing Company, 1987
- Hamilton, John W. in "Wireless communication system" - Computers in Industry Vol: 21 N°: 3 Abr/93 pág: 273-278
- Hassan, Mohsen M. D. e Kinard, Jerry in "JIT: some lessons for improving productivity" - Logistics Information Management Vol: 5 N°: 2 1992 pág: 43-48
- Hicks, Philip E. - **INDUSTRIAL ENGINEERING AND MANAGEMENT** - McGraw-Hill, 1994
- Hill, Sidney in "Want better customer service? Think logistically" - Manufacturing Systems vol: 12 N°: 3 Mar/94 pág: 11
- Hsieh, Pei-Jung e Kleiner, Brian H. in "New development in inventory and materials management" - Logistics Information Manage

Hubbard, Darryl T.; Taylor, Sam G. e Bolander, Steven F. in "Process flow scheduling in high-value repetitive manufacturing environment" - Production & Inventory Management Journal Vol: 33 Nº: 4 Dez/92 pág: 21-26

Isaac, Richard A. in "Bar codes handle more than checkout" - Computer Technology Review vol: 14 Nº: 6 Jun/94 pág: 8-10

Jacobs, Jan in "Manufacturing: Making it just in time" - International Business Vol: 5 Nº: 10 Out/92 pág: 52-57

John J. Coyle, Ph. D. (1992) - BUSINESS LOGISTICS - The Pennsylvania State University

Jones, James V. - INTEGRATED LOGISTICS SUPPORT HANDBOOK - McGraw-Hill Logistics Series, 1995

Kapur, K.C.; Lamberson, L. R. - RELIABILITY IN ENGINEERING DESIGN - John Wiley & Sons, 1977

Kelly, A.; Harris, M. J. - ADMINISTRAÇÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL - Instituto Brasileiro do Petróleo, 1988

Kolbus, David in "Building a collaborative advantage" - Work Study Vol: 41 Nº: 1 Jan/Fev/92 pág: 10-15

Kopshever, John in "What should your logistics provider be doing for you?" - Global Trade & Transportation - Vol: 113 Nº: 11 Nov 1993 pág: 19

Kroner, Wielang in "Manutenção ano 2000: O perfil humano" - Qualimetria Mar/91

Lahiri, Santi B in "A decision-support modelling system for minimisation of logistic support cost" - Production & Inventory Management Journal Vol: 33 Nº: 4 Out/Nov/Dez 1992 pág: 75-80

LEADING EDGE LOGISTICS - COMPETITIVE POSITIONING FOR THE 1990's - Michigan University, 1991

Lester, Tom in "Squeezing de supply chain" - Management Today Mar/92 pág: 68-70

Lloyd, D. K.; Lipow, M - RELIABILITY: MANAGEMENT, METHODS, AND MATHEMATICS - TRW Systems and Energy, 1977

Macleod, Marcia in "What's new in supply chain software" - Purchasing & Supply Management Jun/94 pág: 22-23

Magee, John F.; Copacino, William C.; Rosenfield, Donald B. - MODERN LOGISTICS MANAGEMENT: INTEGRATING MARKETING, MANUFACTURING, AND PHYSICAL DISTRIBUTION - Wiley Series, 1985

(continuação da bibliografia)

- Mather, Hall in "Design for logistics - the next challenge for designer" - Production & Inventory Management Journal Vol: 33 Nº: 1 Jan/92 pág: 7-10
- Mele, Jim in "Team spirit and nimble moves" - Fleet Owner vol: 88 Nº: 7 Jul/93 pág: 132
- Miller, Tan in "Learning about facility location models" - Distribution vol: 82 Nº: 5 Mai/93 pág: 47-50
- Mills, Stephen in "Tried and true" - CIO Vol: 7 Nº: 8 Fev 1, 1994 pág: 64
- Mirshawka, Victor - MANUTENÇÃO PREDITIVA - Makron Books, 1991
- Mitchelson, Martin in "Materials Management in Capital-Intensive Industries" - International Journal of Physical Distribution & Logistics Management Vol: 22 Nº: 3 1992 pág: 15-19
- Monchy, F. - LA FONCTION MAINTENANCE - Masson, 1987
- Morehouse, James E.; Rice, Richard J. in "Combined Distribution: Strategic Advantage or Strategic Folly?" - Council of Logistics Annual Meeting Proceedings vol: 1 1987 pág: 101-118
- Muller, E. J. in "Faster, faster, I need it now" - Distribution vol: 93 Nº: 2 Fev/94 pág: 30-36
- Murray, Robert E. in "Outsourcing, Networking and the Hollow Corporation" - Council of Logistics Annual Conference Proceedings vol: I 1988 pág: 171-235
- Nakajima, S. - IMPROVING PRODUCTIVITY AND QUALITY BY TPM - Japan Institute of Plan Maintenance, 1989
- Ohmae, Kenichi in "Putting global logic first" - Harvard Business Review Jan/Fev/95
- Pereira, Alberto Augusto Ferreira Ph. D. - THE EFFECT OF ASSIGNMENT AND SEQUENCING RULES ON THE PERFORMANCE OF A FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM - Clemson University, 1990
- Plowman, E. Grosvenor (1964), ELEMENTS OF BUSINESS LOGISTICS - Standorf University
- Port, Otis in "The responsive factory" - Buisnes Week Out/93 pág: 48-53
- Porter, Michael E. - COMPETITIVE ADVANTAGE - The Free Press (Macmillan), 1985
- Pressman, Roger S. - SOFTWARE ENGINEERING - MacGraw-Hill, Inc. 3ª edição, 1992
- Pritsker, A. Alan B.; Sigal, C. Elliot; Hammesfahr, R. D. Jack - SLAM II, NETWORK MODELS FOR DECISION SUPPORT - Prentice Hall, 1989

(continuação da bibliografia)



- Rasmus, Daniel W. in "Riding de CALS (Computer Aid Acquisition Logistic Support) coattail" - Manufacturing Systems Vol: 11 Nº: 8 Ago/93 pág: 38-43
- Richardson, Helen L. e Trunik, Perry in "Position for Growth in the 1990's" - Transportation & Distribution vol: 32 Nº: 12 Dez/91 pág: 20-25
- Richardson, Helen L. in "Trust time-definite, reduce inventory" - Transportation & Distribution vol: 35 Nº: 1 Jan/94 pág: 42-44
- Scully, Joseph e Fawcett, Stanley E. in "Comparative logistic and production cost for global manufacturing strategy" - International Journal of Operations & Production vol: 13 Nº: 12 1993 pág: 62-78
- Seideman, Tony in "Smarter service, smoother moves" - International Business vol: 6 Nº: 1 Jan/93 pág: 46-53
- Sohal, Amrik S. e Singh, Mohini in "Implementing AMT (Advanced Manufacturing Technology): Factor critical to success" - Logistics Information Management Vol: 5 Nº: 1 1992 pág: 39-46
- Sohal, Amriks; Ramsey, Liz e Samson, Danny in "Jit manufacturing - Industry analysis and methodology for implementation" - International Journal of Physical Distribution & Logistics Management Vol: 23 Nº: 4 1993 pág: 3-11
- Sussams, John in "IT and Total logistic concept" - Management Services Vol: 36 Nº: 9 Set/92 pág: 18-21
- Suzaki, K. - THE NEW MANUFACTURING CHALLENGE - TECHNIQUES FOR CONTINUOS IMPROVEMENT - Prelude Press, 1987
- Tavares, L. A. - CONTROLO DE MANUTENÇÃO POR COMPUTADOR - Editora Técnica Ltda, 1987
- Thomas, James in "Mountain high, river wide" - Distribution vol: 93 Nº: 5 Mai/94 pág: 62-64
- Udo, Godwing in "The impact of telecommunication on inventory management" - Production & Inventory Management Journal Vol: 34 Nº: 2 Mai/Jun/93 pág: 32-37
- Van Oldenburg, Marita in "Distribution superhighway" - International Business vol: 7 Nº: 6 Jun/94 pág: 70-84
- Vick, C. R.; Ramamoorthy, C. V. - HANDBOOK OF SOFTWARE ENGINEERING - Van Nostrand Reinhold Company, 1984
- Willis, T Hillman; Huston, C Richard in "Supplier certification: Concepts and techniques" - Logistics Information Management Vol: 5 Nº: 1 1992 pág: 32-38
- Witt, Clyde E. in "Facing choices in distribution packaging" - Material Handling Engineering vol: 48 Nº: 10 Out/93 pág: 14



Wong, Harry "Intermodal growth and logistics management" - Industrial Engineering
vol: 26 N°: 6 Jun/94 pág: 20-22

Wood, Andrew L. in "Develop an agile approach to change" - Transportation &
Distribution vol: 34 N°: 11 Nov/93 pág: 56

Wood, Johnson - CONTEMPORARY LOGISTICS - Macmillan Publishing Company,
1993

Wortman, David B in "Managing Capacity: Getting the Most from Your Company's
Assets" - Industrial Engineering Vol: 24 N°: 2 Fev 1992 pág: 47-49