

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA INDUSTRIAL

SISTEMÁTICA PARA PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO
E CONTROLE EM MANUTENÇÃO

TESE SUBMETIDA A UNIVERSIDADE FEDERAL DE
SANTA CATARINA PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE

MESTRE EM CIÊNCIAS

DAVID BORILE

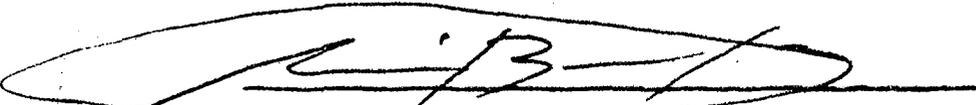
SETEMBRO - 1974

ESTA TESE FOI JULGADA ADEQUADA PARA A
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE

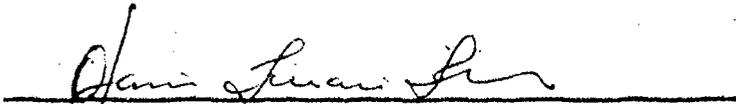
MESTRE EM CIÊNCIAS - ESPECIALIDADE ENGENHARIA
INDUSTRIAL - OPÇÃO PRODUÇÃO E APROVADA EM SUA
FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO

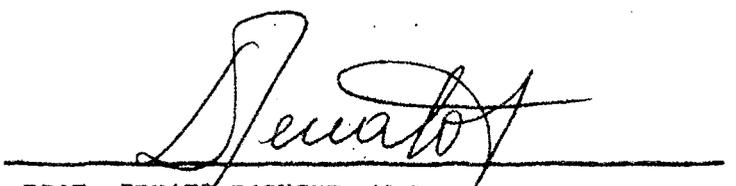

PROF. DOMINGOS BOECHAT ALVES, Ph.D.
Integrador dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia

APRESENTADA PERANTE A BANCA EXAMINADORA COMPOSTA
DOS PROFESSORES


PROF. AMAURI BECK, M.Sc. - Orientador


PROF. RAUL VALENTIM DA SILVA, M.Sc.


PROF. OTÁVIO FERRARI FILHO, M.Sc.


PROF. RENATO RABUSKE, M.Sc.

AGRADECIMENTO

Agradeço ao Prof. Amauri Beck, pela orientação dedicação e interesse constantes, durante a realização do presente trabalho.

À CAPES e ao BNDE, pelo apoio financeiro.

Aos meus pais pelo estímulo, apoio e confiança que sempre demonstraram.

Ao Prof. Raul Valentim da Silva, pelos esclarecimentos, que foram de grande valia.

Ao Prof. Renato Rabuske, pelos esclarecimentos e sugestões, na estruturação do programa de simulação, aplicado em computador IBM - 1130.

A todos professores do Departamento de Engenharia Industrial pelo incentivo demonstrado.

I N D I C E

- Introdução..... 1
- 1. Manutenção nas empresas..... 2
 - 1.1. Objetivos..... 2
 - 1.2. Quando iniciar a atividade da manutenção..... 3
 - 1.3. Tipos de manutenção..... 4
 - 1.3.1. Manutenção de emergência..... 4
 - 1.3.2. Manutenção preventiva..... 4
 - 1.3.3. Escolha entre manutenção de emergência e manutenção preventiva..... 5
 - A - Caso de uma máquina isolada..... 6
 - B - Caso de uma máquina pertencente a uma linha de produção..... 6
 - 1.4. Inspeção de equipamentos..... 7
 - 1.4.1. Tempos a serem considerados nas inspeções..... 8
 - 1.4.2. Frequência das inspeções..... 8
 - 1.4.3. Itens a serem inspecionados..... 11
 - 1.4.4. Procedimento para inspeção..... 11
 - 1.4.5. Situações que provocam necessidade de inspeção..... 12
 - 1.5. Ciclos da manutenção preventiva..... 13
- 2. Sistema administrativo da manutenção..... 15
 - 2.1. Organização do departamento de manutenção..... 15
 - 2.2. Estrutura departamental..... 16
 - 2.2.1. Manutenção centralizada..... 16
 - 2.2.2. Manutenção descentralizada..... 17
 - 2.2.3. Manutenção mista..... 19
 - 2.3. Registros da manutenção..... 19
 - 2.3.1. Fichas de equipamentos..... 19
 - 2.3.2. Fichas de inspeção..... 22
 - 2.3.3. Relatório de inspeção..... 25
 - 2.3.4. Ordens de serviço na manutenção..... 25
 - A - origem das ordens de serviço..... 27
 - B - Número de cópias das ordens de serviço..... 27
 - C - Roteiro das ordens de serviço..... 27
 - D - Forma das ordens de serviço..... 28

2.4.	Relacionamento inter-departamental.....	28
2.4.1.	Relacionamento com o departamento de produção.....	30
2.4.2.	Relacionamento com o departamento de métodos.....	30
2.4.3.	Relacionamento com o departamento de custos.....	31
2.4.4.	Relacionamento com o departamento de controle de qualidade.....	31
2.4.5.	Relacionamento com o departamento de compras.....	31
2.5.	Determinação de tempos padrões para atividades da manutenção....	32
2.5.1.	Experiência anterior.....	32
2.5.2.	Tempos pré-determinados.....	33
2.5.3.	Cronometragem.....	33
3.	Falhas de componentes e políticas de manutenção de equipamentos....	36
3.1.	Determinação da taxa de falhas.....	36
3.2.	Período de falhas de componentes.....	36
3.3.	Determinação da função densidade de probabilidade.....	37
3.4.	Políticas de reposição de componentes.....	39
3.4.1.	Política 1.....	40
3.4.2.	Política 2.....	40
3.4.3.	Condição suficiente para escolha da manutenção preven - tiva.....	43
	Exemplo 1 - Escolha da política de reposição de compo - nentes.....	45
3.5.	Determinação direta do tempo de reposição preventiva.....	50
	Exemplo 2 - Determinação direta do tempo de reposição de compo - nentes de um equipamento.....	51
4.	Aspectos a serem considerados no planejamento, programação e implan - tação da manutenção.....	55
4.1.	Fatores de que depende o planejamento da manutenção.....	55
4.1.1.	Tamanho da fábrica.....	55
4.1.2.	Tipos de produtos fabricados.....	56
4.1.3.	Ferramentas e instrumentos a disposição.....	56
4.1.4.	Quantidade e qualificação do pessoal.....	56
	A - Determinação do número de ótimo de reparadores para manutenção.....	57
	Exemplo 3 - Determinação do número ótimo de repara - dores.....	59

B - Qualificação do pessoal da manutenção.....	62
B1 - Pessoal da supervisão.....	62
B2 - Pessoal de reparo.....	63
B3 - Pessoal auxiliar.....	64
C - Treinamento do pessoal.....	63
4.2. Planejamento e intensidade de trabalho.....	64
4.3. Ação do setor de planejamento de manutenção.....	64
4.3.1. Planejamento nas pequenas empresas.....	65
4.3.2. Planejamento nas médias e grandes empresas.....	65
A - Primeira rotina.....	65
B - Segunda rotina.....	65
4.4. Planejamento a longo prazo.....	66
4.5. Planejamento diário dos trabalhos da manutenção.....	66
4.6. Passos no estabelecimento de uma programação de manutenção.....	67
4.6.1. Primeiro passo.....	67
A - Tempo de operação dos equipamentos.....	67
B - Tempo de espera para atendimento aos equipamentos...	68
C - Tempo de atendimento aos equipamentos.....	68
D - Descrição das falhas.....	68
E - O que foi feito para reparar a falha.....	68
4.6.2. Segundo passo.....	69
4.6.3. Terceiro passo.....	69
4.7. Implantação dos programas de manutenção.....	69
4.8. Avaliação dos programas de manutenção.....	70
5. Controle do andamento dos trabalhos de manutenção.....	72
5.1. Quadros de controle.....	72
5.2. Gráficos de controle.....	74
5.3. Controle por PERT-CPM.....	76
6. Custo da Manutenção.....	78
6.1. Custo da manutenção preventiva para cada tipo de peça de um equipamento.....	78
6.1.1. Custo de inspeção.....	79
6.1.2. Custo de supervisão.....	79
6.1.3. Custo de mão de obra de reposição de peças.....	79
6.1.4. Custo das peças.....	80
6.1.5. Custo do planejamento da manutenção.....	80

6.1.6. Custo do investimento em aparelhos de inspeção de manutenção.....	80
6.1.7. Custo de ociosidade de operador de equipamento.....	81
6.1.8. Custo de coletar informações da manutenção.....	81
6.1.9. Custo de "overhead".....	84
6.1.10. Custo de não produzir.....	82
6.1.11. Custo de ferramentas para manutenção.....	83
6.2. Custos da manutenção corretiva.....	83
6.2.1. Custo das peças que se danificam pela quebra de outras.	84
6.2.2. Custo de produtos sucataados.....	84
6.3. Relação entre custo de manutenção preventiva e de emergência..	84
6.4. Controle dos custos de manutenção.....	85
Conclusões e Recomendações.....	87
Apêndice 1. Programa IBM - Determinação da função densidade de probabilidade.....	88
Apêndice 2. Programa IBM - Subrotina para geração de valores exponencialmente distribuídos.....	105
Apêndice 3. Programa IBM - Subrotina para geração de valores normalmente distribuídos.....	106
Apêndice 4. Programa IBM - Simulação para determinar o número de reparadores.....	107
Bibliografia referenciada.....	112
Bibliografia consultada.....	114

LISTA DAS FIGURAS

<i>Figura 1 - Gráfico dos períodos de falhas dos equipamentos.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 2 - Gráfico de reposição de peças da política 2</i>	<i>41</i>
<i>Figura 3 - Gráfico que expressa a relação entre o custo das políticas/ aplicadas no exemplo 1</i>	<i>49</i>
<i>Figura 4 - Figura que expressa a área de integração na determinação do tempo de reposição de componentes.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 5 - Gráfico da distribuição de frequência dos tempos entre fa- lhas dos componentes do exemplo 2</i>	<i>53</i>
<i>Figura 6 - Gráfico para determinação do tempo de reposição dos compo- nentes do exemplo 2.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 7 - Relação entre custo de manutenção preventiva e de emergên- cia.....</i>	<i>85</i>

LISTA DOS QUADROS

Quadro 1 - Tempos de inspeção.....	9
	^e 10
Quadro 2 - Frequência de inspeção.....	14
Quadro 3 - Organograma da manutenção centralizada.....	18
Quadro 4 - Organograma da manutenção descentralizada.....	20
Quadro 5 - Organograma da manutenção mista.....	21
Quadro 6 - Ficha de equipamento.....	23
Quadro 7 - Ficha de inspeção.....	24
Quadro 8 - Relatório de inspeção.....	26
Quadro 9 - Ordem de serviço	29
Quadro 10 - Custo médio de reposições preventivas do exemplo 1.....	48
Quadro 11 - Tempo de vida dos componentes críticos dos equipamentos considerados no exemplo 2.....	52
Quadro 12 - Tabela de distribuição de frequências de tempos entre fa- lhas dos equipamentos do exemplo 3.....	60
Quadro 13 - Tabela de distribuição de frequência dos tempos de atendi- mentos aos equipamentos do exemplo 3.....	60
Quadro 14 - Quadro de controle dos trabalhos de manutenção.....	73
Quadro 15 - Gráfico de GANTT para controle da manutenção.....	75

R E S U M O

O presente trabalho foi elaborado com a finalidade de esclarecer a função da manutenção nas empresas. Mostra-se aspectos de como a mesma pode ser planejada, programada e controlada a partir de dados levantados na empresa e/ou fornecidos pelos fabricantes de equipamentos.

Procurou-se evidenciar como o departamento de manutenção pode ser estruturado, bem como se deve proceder para sistematização de inspeções da manutenção.

Evidenciou-se ainda, as diferenças entre os tipos de manutenção, bem como quando deva ser utilizado um ou outro tipo.

A B S T R A C T

The present research deals with maintenance aspects of industries. Some aspects of planning, programming and controlling of the maintenance of the industries is studied, with data obtained from the industries and/or producers.

Aspects of eststructure of the maintenance department li ke sistematic inspection routine is detailed.

The types of maintenance and their utilization is dealt with.

I N T R O D U Ç Ã O

A finalidade do presente trabalho é esclarecer a função da ma - nutenção nas empresas, mostrando como a mesma pode ser planejada, progra mada e controlada, partindo-se de dados levantados na própria empresa e de dados fornecidos pelos fabricantes de equipamentos.

Com este trabalho não se pretende esgotar o assunto, nem apre sentar uma solução para cada caso, mas sim procura-se abordar o assunto de uma maneira genérica, não dirigindo o trabalho à determinado tipo de empresa.

No primeiro capítulo, apresentam-se os objetivos e os tipos de manutenção, além da sistemática a ser utilizada nas inspeções.

No segundo capítulo, mostra-se como pode ser estruturado o sis tema administrativo, além de como são elaboradas fichas necessárias para o bom funcionamento da manutenção.

No terceiro capítulo, apresentam-se duas políticas básicas de repositção de componentes, bem como a maneira de escolher a melhor poli - tica em cada caso.

No quarto capítulo, evidenciam-se alguns aspectos que devem ser analisados no planejamento da manutenção e qual a sistemática que deve ser seguida para o estabelecimento de uma programação da manutenção.

No quinto capítulo, são apresentados métodos de acompanhamento/ e controle do desenvolvimento e realização dos trabalhos da manutenção.

No sexto capítulo, são apresentados os tipos de custo que comu mente integram as políticas de manutenção.

No sétimo capítulo, apresentam-se as conclusões e recomenda - ções.

Nos apêndices, são apresentados programas de computador para determinação da função densidade de probabilidade de falhas dos compo - nentes, bem como um programa de simulação para determinar o número / ótimo de reparadores para equipamentos.

1 - MANUTENÇÃO NAS EMPRESAS

Quando falava-se em manutenção há alguns anos atrás, era como se usasse um sinônimo da palavra reparo à equipamentos que falhassem. No entanto hoje "... para o moderno executivo, a manutenção é mais que um mero sinônimo de reparo. Nessa maneira de pensar, a questão manutenção / abrange um novo conceito: de manter os equipamentos produtivos e competitivos, envolvendo a manutenção como parte inseparável do sistema de produção, desempenhando uma condição vital no aumento de lucros¹".

1.1 - OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO

Aparentemente os objetivos da manutenção e da produção / parecem conflitantes, porque enquanto para a primeira interessa manter os equipamentos em condições de operabilidade, mesmo que para isso deva solicitar a parada de equipamentos para substituição de peças, para a segunda, a parada dos equipamentos significa parada de parte ou de todo sistema produtivo e por isso, tem interesse em manter o número das paradas reduzido no mínimo.

Algumas vezes ocorrem atritos entre a manutenção e a produção devidos a falta de entrosamento entre os dois setores. Para evitar/ choques entre eles, deverá existir um perfeito conhecimento por parte de ambos, dos programas, tanto da produção quanto da manutenção, de maneira que o setor de manutenção possa aproveitar ao máximo as paradas da produção. No entanto se tais paradas não forem suficientes para atender todos equipamentos da empresa, os dois setores deverão chegar a um acordo no que tange as horas possíveis de parada dos equipamentos, para atendimento dos mesmos, de modo a minimizar os tempos de parada.

Sem uma programação, tanto para produção quanto para manutenção, será muito difícil alcançar tal intento.

1 - Representa a referência bibliográfica na página 112

Pode-se classificar os objetivos da manutenção em:

A - PRIMÁRIOS

Nesta classificação estariam incluídos:

- Manutenção dos equipamentos.*
- Manutenção dos edifícios fabris e terrenos.*
- Inspeção dos equipamentos.*
- Lubrificação dos equipamentos.*
- Serviços de limpeza dos equipamentos e instalações.*

B - SECUNDÁRIOS

Nesta classificação colocar-se-iam:

- Almoarifado de peças de reposição.*
- Proteção da fábrica, inclusive contra fogo.*
- Contabilidade própria.*
- Eliminação de odores e poluição.*

Tal classificação serviria para dar uma idéia dos objetivos da manutenção. No entanto os mesmos podem variar de uma empresa para outra, em função do porte, do tipo de empresa e dos produtos fabricados.

1.2 - QUANDO INICIAR A ATIVIDADE DA MANUTENÇÃO

A atividade da manutenção deve ser iniciada anteriormente ao início do funcionamento de qualquer fábrica. Ela é iniciada no momento da seleção dos equipamentos.

Na época da seleção dos equipamentos, além dos fatores:

Custo do investimento.

Custo de operação.

Custo de instalação.

Capacidade de produção.

Vida útil dos equipamentos, etc.

Outros fatores importantes a serem analisados são:

Facilidade e acessibilidade para manutenção dos equipamentos.

facilidade para aquisição de peças de reparo.

Vida útil aproximada da peça consideradas críticas dos

equipamentos.

Lubrificantes a serem usados, bem como a quantidade e tempo de troca recomendados.

De maneira que se obtenham informações que possam auxiliar a atividade da manutenção.

1.3 - TIPOS DE MANUTENÇÃO

Há dois tipos básicos de manutenção, os quais são em última análise complementares:

- { Manutenção preventiva.
- { Manutenção de emergência.

Normalmente os programas usuais de manutenção, envolvem a aplicação dos dois tipos, em diferentes graus, que vão desde a aplicação/da manutenção de emergência pura, até o caso da aplicação em um alto grau de manutenção preventiva com um mínimo de manutenção de emergência.

1.3.1 - MANUTENÇÃO DE EMERGÊNCIA

A manutenção de emergência, também é chamada de manutenção corretiva ou de reparo.

Tal tipo de manutenção é realizada somente depois da falha de equipamentos.

Em maior ou menor grau, essa forma de manutenção é encontrada em todas indústrias, pois, por mais refinada que seja a prevenção / da manutenção, sempre haverá probabilidade de ocorrer uma falha.

Aparentemente, esse parece ser o tipo mais barato de manutenção, pois os componentes dos equipamentos são aproveitados ao máximo e só são reparados após falharem. Na verdade, esse sistema é mais vantajoso em ocasiões muito especiais.

1.3.2 - MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Ao contrário da manutenção corretiva, a manutenção preventiva procura substituir as peças dos equipamentos antes que ocorram

falhas, buscando com isso minimizar as interrupções imprevistas da produção e aproveitar ao máximo as disponibilidades de parada dos equipamentos, para atendimento aos mesmos, seja para inspeção, ajuste ou reposição de peças cuja probabilidade de falha tenha atingido determinados valores e por isso estarem na iminência de falhar.

Esse tipo de manutenção requer um planejamento e programação não existente no caso anterior, pois nesse tipo de manutenção deve-se conhecer, entre outras variáveis, o tempo médio de falha dos componentes, o tempo os custos de reposição, afim de ser possível elaborar/um plano de manutenção.

O planejamento da manutenção preventiva, cresce quando o sistema de produção tem um fluxo produtivo contínuo dependente de apenas algumas máquinas, pois nessa situação, há necessidade premente de minimizar o número de paradas das mesmas, de maneira a não causar muitas paradas da produção.

1.3.3. - ESCOLHA ENTRE MANUTENÇÃO DE EMERGÊNCIA E MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Há situações em que é fácil optar por um ou outro tipo de manutenção, da mesma maneira em que há situações em que só se chega a uma conclusão depois de muito estudo sobre o caso.

Uma situação bem característica, para a aplicação da manutenção preventiva, é a de um equipamento pertencente a uma linha de produção onde as falhas obedecem a uma distribuição de tempos entre falhas de baixa variabilidade.

Por tempo entre falha de baixa variabilidade, entende-se a situação em que os tempos entre falha, se concentram junto da média.

No caso de uma máquina ter uma distribuição de tempos entre falhas de baixa variabilidade, pode-se prever com certa segurança, quando irão ocorrer a maioria das falhas, o que permitirá uma programação mais precisa da reposição das peças em vias de falhar.

Quando a quebra de peças de um equipamento, ocasionar a falha de outras do mesmo, ou colocar em risco a vida de pessoas, ou instalações, deve-se utilizar a manutenção preventiva.

Se utilizada a manutenção preventiva, é possível programar trabalhos numa área física, onde a supervisão pode ser utilizada com mais intensidade, o que não acontece com a manutenção de emergência, que

não permite escolher as áreas físicas onde irão falhar os equipamentos e os mesmos na maioria das vezes, devem ser atendidos rapidamente, afim de evitar prejuízos maiores.

Na escolha de um determinado tipo de manutenção poderão aparecer os seguintes casos:

A - Caso de uma máquina isolada.

B - Caso de uma máquina pertencente a uma linha de produção.

A - CASO DE UMA MÁQUINA ISOLADA

No caso de utilização esporádica, de uma máquina isolada, nem sempre será conveniente a aplicação da manutenção preventiva. Aplicando-se unicamente manutenção de emergência poder-se-ia aproveitar ao máximo a vida das peças do equipamento. É lógico que ressaltando aqui as situações em que houvesse risco de vida, ou então, em que a quebra de determinada peça, compromettesse a segurança das demais, fatos esses que tornariam desaconselhável a utilização da manutenção de emergência.

B - CASO DE UMA MÁQUINA PERTENCENTE A UMA LINHA DE PRODUÇÃO

No caso de uma máquina pertencer a uma linha de produção, na qual há uma continuidade na fabricação do produto, isto é, não há formação de lotes intermediários; a paralização de uma máquina, ocasionaria/ a parada de todo sistema produtivo, o que causaria um custo de ociosidade das máquinas em condições de produzir, além de dificultar o cumprimento / dos programas de produção.

A primeira impressão que se teria nesse caso é que a manutenção preventiva seria melhor do que a corretiva. No entanto tal escolha é feita em função de custos, como será visto adiante.

Se nesse caso, for utilizada a manutenção de reparo, tal tipo de manutenção poderia apresentar mão de obra de reparo ociosa em alguns períodos e um acúmulo de serviço em outros, ocasionando atrasos para a produção. No entanto essa forma de manutenção deverá ser sempre prevista, porque a confiabilidade dos equipamentos nunca é cem por cento e deverá ainda ser considerada a interdependência das peças, que faz com que a

confiabilidade dos equipamentos diminua ainda mais, pois a confiabilidade de um equipamento é dada pelo produto da confiabilidade das peças que tem dependência ou vínculo de funcionamento entre si. ¹

1.4 - INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS

O sucesso da manutenção preventiva, depende em grande parte, de um bom programa de inspeções. Com a inspeção preventiva, pretende-se detectar defeitos antes da ocorrência de quebra de peças.

" O sistema de inspeções realizado pelo pessoal do departamento de manutenção, pode ser comparado a uma patrulha, pois os técnicos saem procurando itens a serem inspecionados e pequenos ajustes a serem / realizados, para isso seguem uma seqüência que os força a percorrer uma trilha pré-determinada. É óbvio que sem ordens de serviço, sem rotinas de inspeção, sem lista de itens a serem inspecionados e sem tempo pré-determinado para conclusão do serviço, esse tipo de 'caçada', seria uma perda de tempo sem finalidade alguma ²".

As instruções para inspeções, podem ser gerais ou específicas

As instruções gerais determinam quais as inspeções devam ser realizadas, tipos de falhas ou defeitos que devam ser buscados: nos mancais, engrenagens, motores, painéis de comando etc., além de quando e como devem ser feitas essas inspeções.

As instruções específicas dizem respeito a determinados / equipamentos que não podem, na maioria das vezes, devido a particularidade de dos mesmos, serem cobertos por instruções gerais. ³

As instruções para inspeções, poderão ser adicionadas ou simplificadas com o desenvolvimento dos programas de manutenção e através da experiência anteriormente adquirida.

A inspeção de equipamentos, poderá ser realizada com ou sem instrumentos sensitivos.

Quando as inspeções dos equipamentos são realizadas com instrumentos sensitivos, denomina-se inspeção predictiva.

Alguns instrumentos utilizados nas inspeções predictivas são:

Analísadores de vibrações.

Medidores de amplitude e de audio.

Ferramentas óticas.

Medidores de pressão.

Avaliadores de resistência.

Avaliadores de temperatura etc.

Nas inspeções programadas da manutenção preventiva, poderão ser utilizados tais instrumentos, evidenciando a possibilidade de economizar tempo, de maneira a não haver necessidade de desmontar certos equipamentos afim de inspecionar cada peça componente dos mesmos.

AMRINE³, cita o exemplo de uma empresa, onde grandes turbo geradores, eram desmontados para inspeção todos os anos e com a utilização de instrumentação predictiva, hoje são operados continuamente e satisfatoriamente, por cinco anos, antes de sofrerem desmontagem.

Com a utilização da inspeção predictiva, os equipamentos / são examinados periodicamente e no momento em que alguma peça apresentar / variações das condições usuais de funcionamento é aconselhável a substituição da mesma. Com esse procedimento, pode-se levar algumas peças, a ultrapassar a vida média estimada para reposição, aproveitando-as ao máximo.

1.4.1 - TEMPOS A SEREM CONSIDERADOS NAS INSPEÇÕES

As inspeções devem ser realizadas num tempo pré-determinado, afim de ser possível a programação das mesmas.

Os tempos serão calculados em função de tempos padrões, os quais serão determinados levando-se em conta:

- 1- Tempo gasto na preparação dos trabalhos de inspeção.*
- 2- Tempo gasto nas inspeções.*
- 3- Tempo gasto no deslocamento dos operários de manutenção entre um equipamento e outro.*
- 4- Atrazos.*

A determinação de tempos, normalmente é feita pelo departamento de métodos, pois é o departamento que reúne, normalmente, pessoal mais qualificado para tal.

Uma tabela de tempos padrões de inspeções de alguns equipamentos, é apresentada por LEWIS e PEARSON⁴ e pode ser vista no Quadro 1.

1.4.2- FREQUÊNCIA DAS INSPEÇÕES

Um outro fator, que também deve ser considerado para

QUADRO 1 - TEMPOS DE INSPEÇÃO

I T E M	U N I D A D E	TEMPO DE INSPEÇÃO
<i>Equipamento de ar condicionado</i>		
<i>menos de 3 toneladas</i>	<i>cada</i>	<i>30 min</i>
<i>De 3 a 5 toneladas</i>	<i>cada</i>	<i>1 h</i>
<i>15 toneladas</i>	<i>cada</i>	<i>2 h</i>
<i>Caldeiras</i>		
<i>Menos de 30 HP</i>	<i>cada</i>	<i>2 h</i>
<i>De 40 a 50 HP</i>	<i>cada</i>	<i>8 h</i>
<i>Prédios</i>		
<i>Telhados</i>	<i>1000 m²</i>	<i>1 h</i>
<i>Espaço para armazenamento</i>		
<i>Parte elétrica</i>	<i>1000 m²</i>	<i>30 min</i>
<i>Parte mecânica</i>	<i>1000 m²</i>	<i>1 h</i>
<i>Estruturas</i>	<i>1000 m²</i>	<i>1 h</i>
<i>Escritórios</i>		
<i>Parte elétrica</i>	<i>1000 m²</i>	<i>30 min.</i>
<i>Parte mecânica</i>	<i>1000 m²</i>	<i>1 h</i>
<i>Estruturas</i>	<i>1000 m²</i>	<i>1,5 h</i>
<i>Oficinas</i>		
<i>Elétrica</i>	<i>1000 m²</i>	<i>1 h</i>
<i>Mecânica</i>	<i>1000 m²</i>	<i>2 h</i>
<i>Estruturas</i>	<i>1000 m²</i>	<i>2 h</i>
<i>Sistemas de comunicação</i>		
<i>Alto falantes</i>		
<i>e Intercomunicadores</i>	<i>aparelho</i>	<i>15 min.</i>
<i>Telefones</i>		
<i>Aéreos</i>	<i>300 m</i>	<i>30 min</i>
<i>Subterrâneos</i>	<i>300 m</i>	<i>1 h</i>
<i>Alarme contra fogo</i>		
<i>Aéreo</i>	<i>300 m</i>	<i>30 min</i>
<i>Subterrâneo</i>	<i>300 m</i>	<i>1 h</i>
<i>Sistema de Ar comprimido</i>	<i>300 m</i>	<i>12 min</i>

QUADRO 1 - Continuação

I T E M	U N I D A D E	T E M P O D E I N S P E Ç Ã O
<i>Linhas de Distribuição de Luz e Energia</i>		
<i>Aéreas</i>	300 m	30 min
<i>Subterrâneas</i>	300 m	1 h
<i>Sistemas d'água</i>		
<i>Encanamentos</i>	300 m	8 min
<i>Bombas</i>	cada	15 min
<i>Tanques</i>	40000 l	30 min
<i>Sistemas de distribuição de vapor</i>		
<i>Tubulações</i>	300 m	1 h
<i>Túneis</i>	300 m	1 h
<i>Equipamentos de elevação</i>		
<i>Elevadores</i>	cada	3,5 h
<i>Monta-cargas</i>	cada	3,5 h
<i>Aquecedores d'água</i>		
100 litros	cada	15 min
1000 litros	cada	1 h

SIMBOLOGIA:

*h = horas**min = minutos**l = litros**m = metros lineares**m² = metros quadrados*

inspeção, é a freqüência com que a mesma deva ser realizada. Normalmente depende do estado dos equipamentos e da severidade do uso, por isso varia bastante de uma empresa para outra.

São muito importantes os dados fornecidos pelos fabricantes dos equipamentos, a respeito da freqüência das inspeções. Assim como, também são importantes as recomendações e sugestões do pessoal diretamente ligado a operação dos equipamentos, pois os mesmos podem contribuir / com informações úteis.

A freqüência das inspeções, deve ser coordenada com as demais operações de manutenção e de produção.

O número de inspeções deve ser suficiente para que os produtos fabricados, fiquem situados dentro de níveis de qualidade estabelecidos, providenciando-se para isso, a reposição de peças que devido ao / desgaste influem na qualidade dos produtos.

Uma tabela de freqüência de inspeções pode ser vista no Quadro 2. Tal tabela é apresentada por LEWIS e PEARSON⁵.

1.4.3 - ITENS A SEREM INSPECIONADOS

Quando se elaboram as ordens de inspeção, é importante / abordar, os itens dos equipamentos (peças), que devam receber atenção dos inspetores. Além da enumeração de todos os itens a serem inspecionados, deverão ser dadas instruções detalhadas, medidas a serem verificadas, folgas máximas permitidas, de modo que a inspeção seja trabalho eficiente de detecção de prováveis peças defeituosas.

Importante, também, é a atribuição dos trabalhos de inspeção a pessoas com experiência.

1.4.4 - PROCEDIMENTO PARA INSPEÇÃO

De posse de uma ordem de inspeção, o inspetor dirigirá-se / -á aos equipamentos a serem inspecionados e verificará se há deficiências.

Uma vez realizada a inspeção, o inspetor deve fazer um relatório do trabalho executado, relatando então o estado dos equipamentos, os ajustes realizados e quais reparos devem ser efetuados. Anotará ainda o tempo gasto na inspeção de cada um dos equipamentos, bem como o número /

dos mesmos e o setor que estão localizados.

O relatório é encaminhado a seguir ao departamento de manutenção, onde após verificadas as deficiências, se houveram, serão tomadas as medidas cabíveis.

Logo após, devem ser registrados, nas fichas de cada equipamento, os tempos consumidos, peças que devam ser substituídas etc., / afim de poder-se manter um controle sobre o estado dos mesmos.

1.4.5 - SITUAÇÕES QUE PROVOCAM NECESSIDADE DE INSPEÇÃO

A indicação da necessidade de inspeção, pode partir dos departamentos de manutenção, produção e controle de qualidade. Tal indicação pode ser manifestada através das seguintes situações:

- Equipamento tendo atingido o tempo previsto para inspeção.
- Irregularidades no funcionamento dos equipamentos.
- Verificação da fabricação de produtos defeituosos.

1a. SITUAÇÃO - EQUIPAMENTO TENDO ATINGIDO O TEMPO PREVISTO PARA INSPEÇÃO.

Um dos procedimentos de rotina do departamento de manutenção é verificar nas fichas dos equipamentos (Quadro 6), quais deles / atingiram o tempo previsto para inspeção.

Uma vez verificado que algum equipamento necessita inspeção, deverá haver a emissão de uma ordem de inspeção: (Quadro 7).

2a. SITUAÇÃO - IRREGULARIDADES NO FUNCIONAMENTO DOS EQUIPAMENTOS

Quando os operadores dos equipamentos notarem que os mesmos estão apresentando irregularidades no funcionamento, deverão comunicar o fato ao supervisor da produção, o qual deverá solicitar inspeção de tais equipamentos.

3a. SITUAÇÃO - VERIFICAÇÃO DA FABRICAÇÃO DE PRODUTOS DEFEITUOSOS

Quando for observado no controle de qualidade, que peças produzidas por determinada máquina, estão saindo fora das especificações/desejadas e que tal fato não se deve a imperícia do operador; deve-se solicitar uma inspeção de tal equipamento. Nesse caso há possibilidade de/que alguma peça do mesmo, apresente deficiências, fato que poderia estar ocasionando diferença na qualidade dos produtos obtidos de tal máquina.

1.5 - CICLOS DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Antes de iniciar qualquer planejamento para manutenção / preventiva, é importante determinar-se o ciclo da mesma. Este ciclo consta de dois períodos; um de operação do equipamento, isto é, aquele período em que o equipamento está produzindo; o outro é o período de atendimento ao equipamento, seja para fins de inspeção, reparo ou ajuste.

Pode-se obter mais facilmente, o ciclo de manutenção / quando:

Os equipamentos possuam poucas peças.

Houver nítida evidência que algumas peças falham mais frequentemente que outras.

As peças que falham mais frequentemente que outras no / mesmo equipamento, chamam-se: peças críticas.

Na maioria dos casos a manutenção é planejada em função das peças críticas, isso no entanto, requer um bom serviço de informação.

Coletando informações, nas fichas de equipamentos, ao cabo de certo tempo conseguem-se dados estabilizados, de maneira que se poderá determinar, qual o tempo médio que decorrerá entre as falhas sucessivas de cada equipamento e o tempo médio gasto para reposição/ de cada tipo de peça.

QUADRO 2 - FREQUÊNCIA DE INSPEÇÕES

EQUIPAMENTOS	FREQUÊNCIA
<i>Transformadores de potência</i>	<i>mensal</i>
<i>Sistemas de exaustão</i>	<i>mensal</i>
<i>Encanamento de prédios</i>	<i>mensal</i>
<i>Aquecedores d'água até 400 l</i>	<i>mensal</i>
<i>Isoladores elétricos</i>	<i>trimestral</i>
<i>Relês</i>	<i>trimestral</i>
<i>Motores elétricos e geradores</i>	
<i>Inspeção em funcionamento</i>	<i>trimestral</i>
<i>Parada para inspeção</i>	<i>semestral</i>
<i>Chaves elétricas</i>	<i>semestral</i>
<i>Instrumentos elétricos</i>	<i>semestral</i>
<i>Sistema elétrico de prédios</i>	<i>semestral</i>
<i>Transformadores de distribuição</i>	<i>semestral</i>

2 - SISTEMA ADMINISTRATIVO DA MANUTENÇÃO

Tão importante quanto realizar os trabalhos de manutenção, é congregá-los e orientá-los na direção das metas desejadas, de modo que se consiga canalizar os esforços aproveitando-os para conseguir o melhor rendimento.

2.1 - ORGANIZAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE MANUTENÇÃO

Em qualquer atividade, a "...organização serve como instrumento para canalizar e equilibrar os esforços de vários elementos e dirigí-los para meta fixada pela administração⁶".

Logo ao início do funcionamento de uma fábrica quando o trabalho de manutenção limita-se a reparos iniciais e ajustes, pode-se começar a organizar o departamento de manutenção.

A organização do departamento facilita a coleta e seleção/dados sobre os equipamentos usados na empresa, desde o início de operação dos mesmos.

Na época em que a empresa é posta em funcionamento, deve-se estabelecer um planejamento para reparos de emergência e lubrificações necessárias, porque nesse período de vida dos equipamentos podem ocorrer falhas devidas a problemas na fabricação dos mesmos.

No entanto, depois de algum tempo, quando os equipamentos entrarem no período de vida útil propriamente dito, ocorrendo então uma diminuição de falhas, em relação ao início de funcionamento; os planos de verão ser alterados, completados, ou restringidos em função dos acontecimentos.

Os esquemas de manutenção deverão passar por revisões / periódicas, pois poderão surgir trabalhos de grande prioridade que deverão ser incluídos.

Na organização do departamento de manutenção, um dos primeiros problemas que surgem, é o da determinação da quantidade de pessoas para implantação de um programa de manutenção.

A determinação do número de pessoas será possível, após uma estimativa do volume de trabalhos a serem realizados.

O volume de trabalhos será estimado a partir da análise so
bre:

- Número de inspeções e reposições preventivas previstas ou de reparos estimados para um dado período.
- Demanda de tempo para realizar uma inspeção, reposição pre
ventiva, ou substituição de reparo.

Uma maneira para determinar o número de pessoas necessã -
rias para a manutenção é calcular a demanda de tempo necessário para ins-
peções e reparos preventivos e de emergência, dividindo-se esse tempo pe
lo número de horas efetivamente trabalhadas por um elemento de manutenção.

Outra maneira é através de simulação em computadores, /
técnica que será vista posteriormente.

Uma vez que o departamento de manutenção conte com o nú
mero necessário de elementos para atendimento aos equipamentos, os mesmos
deverão ser orientados e esclarecidos para que os serviços seja de inspe-
ção e/ou reparo, somente sejam realizados após a expedição de ordens de
inspeção (Quadro 7 ou Quadro 9), respectivamente, afim de controlar-se
os serviços realizados, os que estão em andamento e os a realizar.

Na ordem de serviço, discrimina-se: qual peça ou peças /
deverão ser inspecionadas ou substituídas, em qual equipamento será feito
o serviço, onde está localizado o mesmo; de maneira que as ordens sejam
um fator de organização e de economia na manutenção.

2.2 - ESTRUTURA DEPARTAMENTAL

Não existe uma forma organizacional aplicável à todas em
presas, pois a forma varia em função do tamanho, da complexidade e da na
tureza da indústria.

Podem ocorrer na manutenção tres forma de organização:

- Manutenção centralizada.
- Manutenção descentralizada.
- Manutenção mista.

2.2.1 - MANUTENÇÃO CENTRALIZADA

Na manutenção centralizada, o planejamento e programação
são centralizados, assim como todas as atividades a ela relacionadas, tais

como: Registros de equipamentos, inspeções, almoxarifados de ferramentas e de peças de reposição, controle e inspeção de trabalhos.

A característica mais importante dessa forma de organização é a flexibilidade no atendimento dos casos de maior importância em primeiro lugar. No caso de ocorrerem falhas de equipamentos, há possibilidade de encaminhar os mecânicos mais experientes aos serviços que requeiram maior conhecimento. Há ainda, a possibilidade de minimização do tempo ocioso, pelo planejamento global da manutenção.

Outras vantagens decorrentes dessa forma de organização / são: maximização da utilização das ferramentas, melhor controle no caso de situações de emergência e centralização de registros, o que permite um controle mais efetivo da manutenção na fábrica. Tem-se ainda, a minimização / do pessoal empregado e em alguns casos a minimização de peças de reposição em estoque, desde que utilizada a política de estoque adequada para tanto.

A desvantagem apresentada é que as distâncias, entre o departamento de manutenção e os locais de atendimento aos equipamentos são maiores do que no caso de manutenção descentralizada, o que consumirá / maior tempo em deslocamentos.

Um organograma típico de uma organização desse tipo pode / ser visto no Quadro 3.

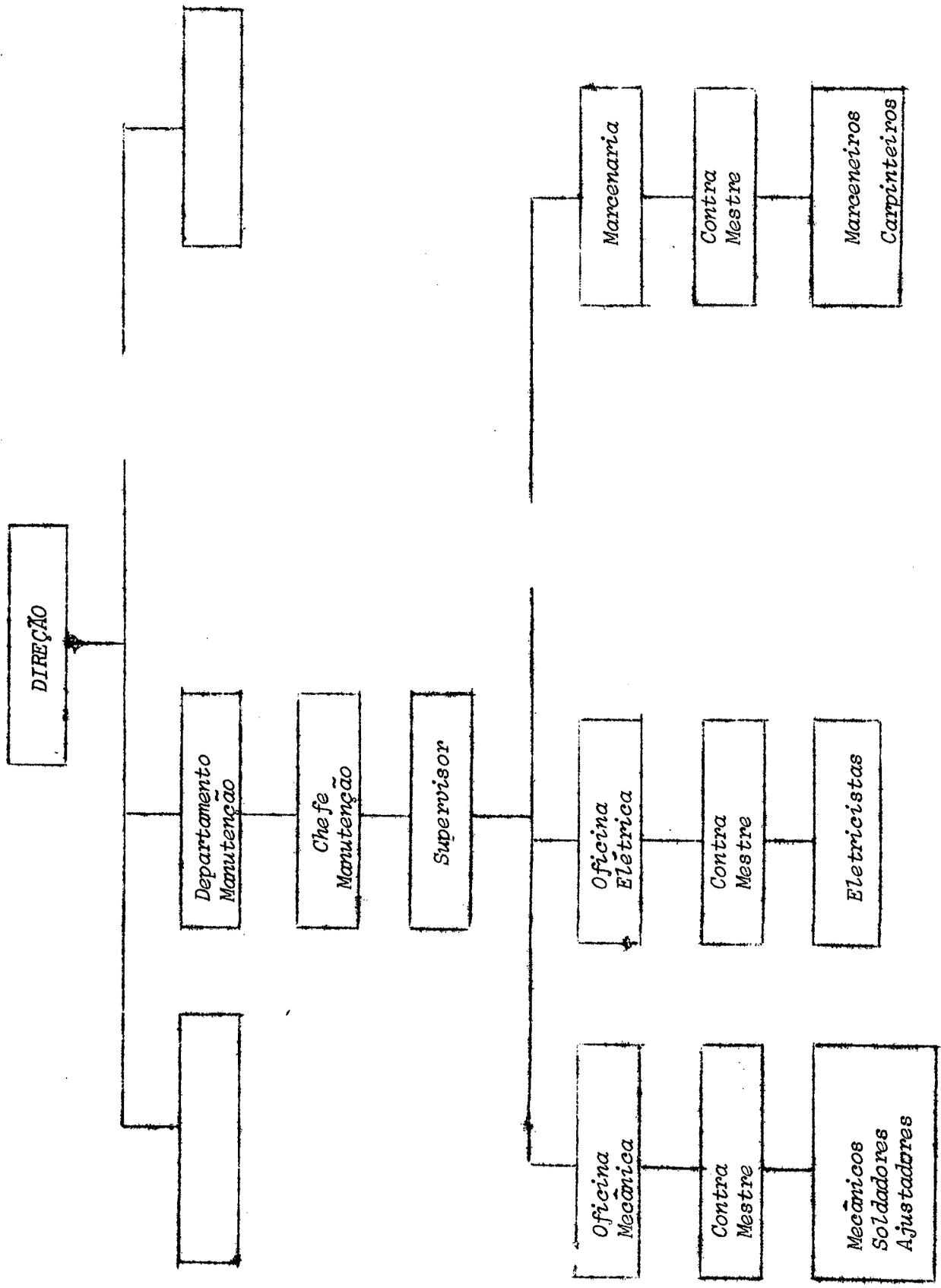
2.2.2 - MANUTENÇÃO DESCENTRALIZADA

Na manutenção descentralizada ou por áreas, apesar do planejamento ser centralizado, as seções de atendimento aos equipamentos são descentralizadas e a execução e controle dos trabalhos são realizados pelas seções de manutenção. Em tal caso cada seção é dotada de pessoal de manutenção especializado, isso é, agrupam-se os elementos necessários para atendimento de cada área em seções distintas.

Para esse tipo de forma organizacional ocorre a vantagem / de se ter menores distâncias a percorrer entre o setor de manutenção de cada área e os locais de atendimento aos equipamentos da respectiva área.

Haverá ainda, a possibilidade dos mecânicos familiarizarem-se mais com os equipamentos de sua área de trabalho, já que a quantidade / de equipamentos a ser atendida, em cada área, é menor do que na forma centralizada de manutenção, fato este que possibilita uma redução no tempo de atendimento às máquinas.

QUADRO 3 - Organograma da Manutenção Centralizada



A par dessas vantagens, tem-se a desvantagem da necessidade de maior número de ferramentas, já que cada área deve estar equipada, para atender todos os equipamentos a ela atribuídos, resultando a necessidade de haver muitas vezes a multiplicação de ferramentas.

Nessa forma de organização tem-se além disso a desvantagem de não se poder minimizar de maneira global o tempo ocioso do pessoal da manutenção, pois poder-se-ia pensar apenas na minimização do tempo ocioso em áreas específicas de trabalho.

Ocorrerá ainda, nessa forma organizacional, a necessidade de um maior número de operários especializados e um maior número de almoxarifados e depósitos de peças de reposição.

O organograma da forma descentralizada de organização da manutenção pode ser visto no Quadro 4.

2.2.3 - MANUTENÇÃO MISTA

Na forma mista de organização da manutenção, visa-se o aproveitamento das vantagens das duas formas anteriores, no entanto não se consegue a eliminação de todas as desvantagens.

Um organograma dessa forma organizacional pode ser observado no Quadro 5.

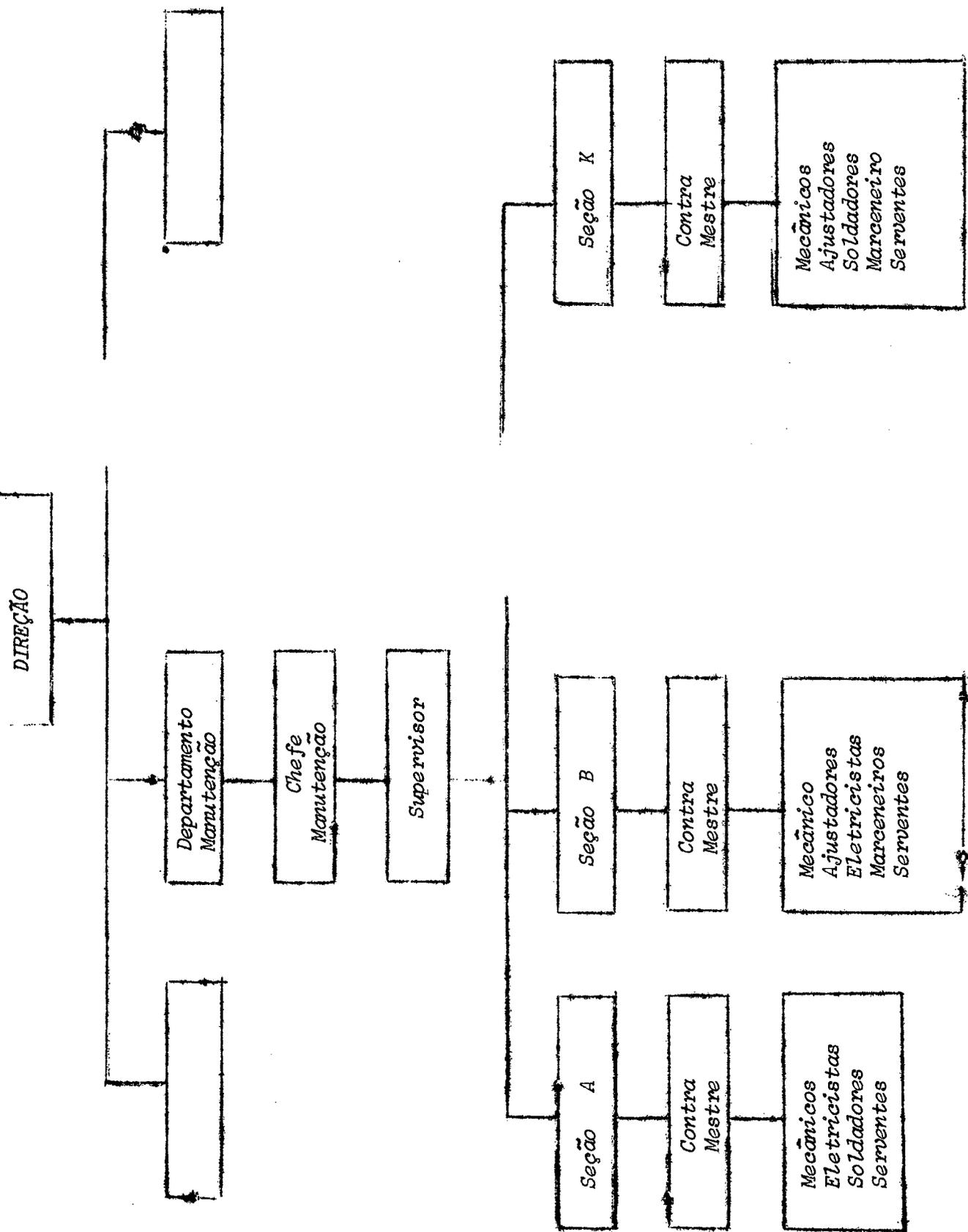
2.3 - REGISTROS DA MANUTENÇÃO

É fundamental quando se pretende programar a manutenção, que sejam elaboradas fichas, ordens e relatórios, afim de permitir um perfeito controle dos trabalhos a executar, dos em andamento e dos realizados.

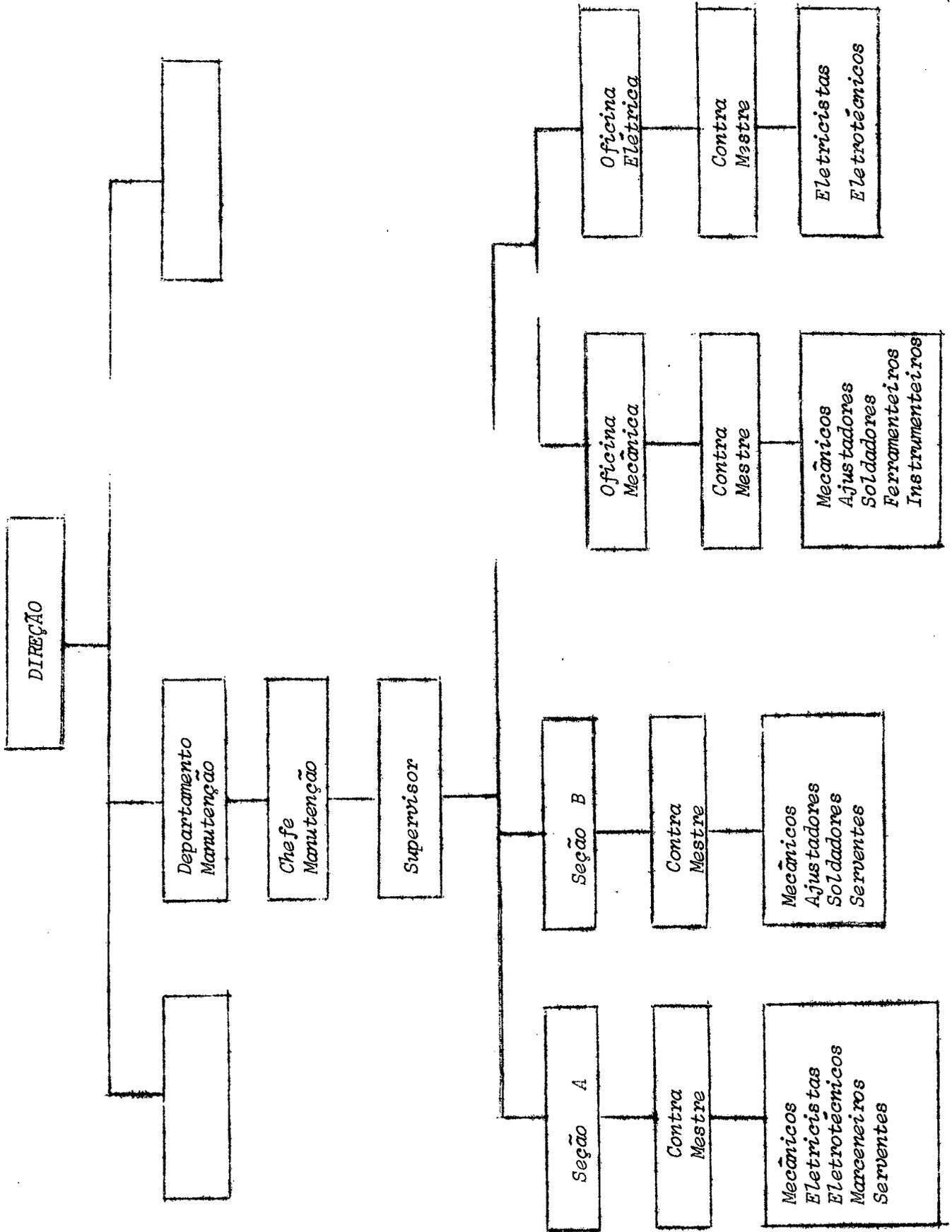
2.3.1 - FICHAS DE EQUIPAMENTOS

As fichas de equipamentos são básicas, em qualquer empresa que pretenda ter um sistema de manutenção organizado e eficiente.

QUADRO 4 - Organograma da Manutenção descentralizada



QUADRO 5 - Organograma da Manutenção Mista



A partir das fichas dos equipamentos é que são verificadas e levantados os programas de inspeção e reposição preventiva de peças, tais fichas são importantes quando corretamente preenchidas e atualizadas, pois permitem determinar a frequência de falhas dos equipamentos, o tempo médio de reposição de cada peça sujeita a manutenção preventiva, além de poder verificar-se quais as peças que mais falham em cada equipamento e todas alterações havidas com os mesmos.

Deve constar na ficha de equipamento:

Nome, fornecedor, número de série dado pelo fabricante, época da compra, dimensões, peso, voltagem, amperagem, potência, número de rotações, frequência do motor, localização de tal equipamento na fábrica, número dado ao equipamento pelo inventário, tipo de lubrificante a usar, frequência da lubrificação, etc.

São anotados na ficha dos equipamentos:

Tempo de funcionamento entre falhas, tipos de falhas, peça que falhou, o que foi feito para sanar a falha, tempo que a máquina ficou aguardando reparo, tempo gasto no atendimento de cada reparo, além das datas de inspeção e lubrificação dos equipamentos e o custo de mão de obra e peças repostas.

Um tipo de ficha de equipamento é mostrada no Quadro 6.

Uma vez que os dados sejam anotados corretamente, é possível obter-se informações úteis, depois das mesmas terem consistência estatística.

Para que o número de dados obtidos, tenham consistência / estatística, é necessário que o número desses dados (amostras) para cada tipo de peça que se queira programar reposições preventivas, sejam suficientes.

2.3.2 - FICHAS DE INSPEÇÃO

A inspeção dos equipamentos poderá ser: visual ou por meio de instrumentos sensitivos.

Caso a inspeção seja visual, o encarregado de fazer tal inspeção receberá uma ficha de inspeção (Quadro 7), onde estará evidenciado: o tipo de equipamento, número, pontos a serem inspecionados, tempo padrão para inspeção, bem como a localização do equipamento.

Se a inspeção for realizada com instrumentos, além dos dados acima, devem ser mencionados na ficha de inspeção quais instrumentos/

DATA	FICHA DE INSPEÇÃO		Nº DA FICHA
equipamento		local:	nº equipam.
voltagem	amperagem	potência	rpm
instrumentos a usar:			
PONTOS A INSPECIONAR		ESTADO DAS PEÇAS	PROVIDÊNCIA TOMADA (OU A TOMAR)
realizado em:		realizado por:	
observações:			

deverão ser utilizados.

As fichas de inspeção poderão ser de tipo padronizado, ou simples folhas onde se escreva o que deverá ser inspecionado.

É sempre preferível que as fichas de inspeção sejam entregues aos inspetores no dia anterior ao que se dará a inspeção, afim de possibilitar a distribuição das mesmas sem atropelos, o que poderia ocorrer se a entrega fosse feita ao início de cada jornada de trabalho.

2.3.3 - RELATÓRIO DE INSPEÇÃO

Tão importante quanto realizar uma inspeção é informar ao departamento de manutenção o que foi feito, qual o estado dos equipamentos e quais deles necessitam de manutenção.

Tal relatório poderá ser feito em folhas padronizadas.

No quadro 8, é apresentado um modelo para relatório de inspeção.

2.3.4 - ORDENS DE SERVIÇO DE MANUTENÇÃO

Um bom sistema de manutenção, entre outros fatores, depende também da elaboração adequada de ordens de serviço.

Pode-se dizer que "...uma ordem de serviço bem estruturada e bem clara, é o coração de um bom sistema de manutenção?".

Há vantagens em utilizar-se ordens de serviço escritas, ao invés de verbais, pois assim evita-se desentendimentos e confusões sobre o serviço a ser realizado.

A ordem de serviço autoriza os elementos encarregados da manutenção, disponíveis naquele momento, a iniciar um determinado trabalho. Tais ordens de serviço devem no entanto obedecer uma escala de prioridade.

A escala de prioridade deve funcionar corretamente para que se tenha um bom trabalho de manutenção.

Todo o trabalho de manutenção a ser executado, deve ter uma ordem de serviço correspondente, exceto em casos de emergência, quando falhar uma máquina fora do horário normal de funcionamento do departamento de manutenção. Nesse caso executa-se o reparo e depois providencia-se a emissão da ordem de serviço, para efeito de controle das falhas ocorridas, do tempo de reposição gasto e para o controle das peças.

QUADRO 8 - Relatório de Inspeção

RELATÓRIO DE INSPEÇÃO			
equipamento:	nº equipamento	Localização:	nº relatório:
inspecionado em:		Insp. por:	tempo gasto:
necessidade de ajustes? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		Necessidade de reposição de peças? <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	
peças a substituir:			
descrição das deficiências - estado do equipamento:			

Para grandes reparos ou substituições é necessário a aprovação de tais ordens pelo escalão superior, pois esses trabalhos normalmente consomem bastante tempo e há a necessidade de um planejamento minucioso, tanto para compra das peças, quando não se tem em estoque, quanto para programação do trabalho.

A - ORIGEM DAS ORDENS DE SERVIÇO

As ordens de serviço podem ser decorrentes das seguintes/situações:

- Pela verificação por meio de inspeções regulares de rotina, da existência de anormalidade nos equipamentos.
- Quando requeridas pelo departamento de produção, no caso de falha de equipamentos.
- Ao ser atingido o tempo de reposição programado para qualquer peça de determinado equipamento.
- Quando requeridas pelo controle de qualidade.

B - NÚMERO DE CÓPIAS DAS ORDENS DE SERVIÇO

As ordens de serviço devem ser redigidas num mínimo de duas vias. Nesse caso, uma delas será entregue ao elemento encarregado da manutenção de determinado equipamento e a outra via será arquivada no departamento de manutenção.

C - ROTEIRO DAS ORDENS DE SERVIÇO

Quando o departamento de manutenção recebe a solicitação/ de uma ordem de serviço; primeiramente deverá enviar um inspetor ao equipamento em questão, para observar o que realmente deverá ser feito e se o equipamento oferece condições de segurança para quem realizará a manutenção.

Antes de emitir uma ordem de serviço, deve-se verificar:

- Se as peças necessárias estão em estoque.
- As ferramentas necessárias.
- Se há outras máquinas que dependem desse equipamento, afim de determinar-se a prioridade de tal atendimento.

Após a elaboração da ordem de serviço, solicita-se ao estoque de peças, os componentes que forem necessários para execução de tal serviço. Da mesma forma solicita-se ao almoxarifado de ferramentas, as que forem necessárias.

Uma vez executada uma ordem de serviço deverá ser anotado na mesma:

- Quais as peças que foram substituídas.
- O número de peças substituídas.
- O tempo gasto para realizar a substituição de cada peça.
- O número de pessoas empregadas em tal reparo.

Em seguida, a ordem é encaminhada ao departamento de custo, onde calcula-se o custo da mão de obra de manutenção. Tal custo é anotado na ordem de serviço e a mesma é devolvida ao departamento de manutenção, onde serão transcritas para ficha dos respectivos equipamentos atendidos a informações coletadas nas ordens de serviço.

D - FORMA DAS ORDENS DE SERVIÇO

Nas ordens de serviço deve constar uma breve descrição / do trabalho a ser feito, especificando quais peças deverão ser substituídas, ou reparadas, além do número, nome e localização do equipamento.

A ordem de serviço apresentada no Quadro 9, se dobrada ao meio, apresentará numa das faces um cartão ponto para controle do tempo de execução dos serviços, levando em conta as horas normais de trabalho e as horas extras.

Constam ainda nas ordens de serviço: O tempo padrão para execução de tal trabalho; informações a respeito das ferramentas necessárias; espaço reservado para autorização e data do serviço, além de espaço para escrever o nome de quem realizará o trabalho.

2.4 - RELACIONAMENTO INTER-DEPARTAMENTAL

As atividades do departamento de manutenção, exigem informações de quase todos os departamentos de uma fábrica, uma vez que a manutenção depende basicamente de informações, muitas das quais podem ser melhor e mais economicamente obtidas em outros departamentos.

Os departamentos, dos quais dependem as informações para

QUADRO 9 - Ordem de Serviço

O R D E M D E S E R V I Ç O				
nome equipamento		nº equipamento:	localização:	
Substituir <input type="checkbox"/> Rotina Reparar <input type="checkbox"/> Emergência		solicitado por:	ordem nº:	
serviço requerido:		FERRAMENTAS NECESSÁRIAS		
		QUANT.	TIPO	
		PEÇAS DE REPOSIÇÃO		
		QUANT.	TIPO	
		VALOR		
tempo padrão		realizado por:		
aprovado por:		data aprov. :-:		
CONTROLE DE TEMPO	HORAS EXTRAS	FIM	CONTROLE DE CUSTO	
		INICIO		
	HORAS NORMAIS	FIM	A - MÃO DE OBRA	
		INICIO	hs. normais: _____ hs. extras: _____ Total: _____	
	DIA	FIM	CUSTO DAS PEÇAS	
		INICIO	B- E MAT. AUXILIARES	
		Peças _____ Mat. Aux.: _____ Total _____		
		data lançamento:		
		Visto Cf. Manutenção:		

o departamento de manutenção são:

- Departamento de produção.
- Departamento de métodos.
- Departamento de controle de qualidade.
- Departamento de compras.
- Departamento de custos, etc.

Esse relacionamento varia, conforme o porte e o tipo de indústria.

2.4.1 - RELACIONAMENTO COM O DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO

Tomando por base a programação da produção, pode-se coletar informações a respeito da operação dos equipamentos. Tais informações dizem respeito as paradas dos mesmos:

quais as horas, por quanto tempo e em que dias. Analisando então a pré-programação da manutenção, procurar-se-á encaixar dentro daquelas horas livres, os serviços de manutenção preventiva. Caso não seja possível / atender ao programa de manutenção por falta de horas livres dos equipamentos, deverá haver um acordo entre os dois departamentos, de maneira a satisfazer tanto a necessidades da manutenção, quanto da produção. Isso em se falando de manutenção preventiva, porque para manutenção de emergência não haveria tal problema, pois na maioria das vezes, os equipamentos em pane devem ser atendidos o mais rápido possível.

2.4.2 - RELACIONAMENTO COM O DEPARTAMENTO DE MÉTODOS

O departamento de métodos pode auxiliar o de manutenção, pesquisando como melhor realizar determinados trabalhos, bem como na determinação de tempos padrões.

Caso os tempos padrões sejam de difícil avaliação, poderá fazer-se uma estimativa dos tempos a serem gastos para determinadas / inspeções, substituições ou reparos de maneira a possibilitar a realização de uma programação. Outras vezes o levantamento dos tempos é feito / com base em dados colhidos anteriormente.

2.4.3. - RELACIONAMENTO COM O DEPARTAMENTO DE CUSTOS

O relacionamento com o departamento de custos também é importante para a manutenção, pois a apropriação de custos em ordens de serviço podem ser realizadas muito mais rapidamente pelo setor de custos, pois o mesmo detém na maior parte das vezes, os dados para o cálculo do mesmo.

Entretanto não se restringe ao cálculo dos custos das ordens de serviço o trabalho de departamento de custos com relação ao de manutenção, mas sim também a determinação dos custos de manutenção preventiva e corretiva para determinadas peças em que se deseje saber a conveniência em utilizar um ou outro tipo de manutenção.

2.4.4. - RELACIONAMENTO COM O DEPARTAMENTO DE CONTROLE DE QUALIDADE

O relacionamento com o departamento de controle de qualidade deve existir, porque muitas vezes alguma anormalidade nos equipamentos pode ser observada na inspeção de qualidade dos produtos. Quando os produtos obtidos por determinada máquina estão saindo fora dos níveis de qualidade requeridos, tal fato pode ser devido a algumas peças gastas no equipamento, o que motiva um produto deficiente.

2.4.5. - RELACIONAMENTO COM O DEPARTAMENTO DE COMPRAS

O relacionamento entre o departamento de manutenção e o de compras, prende-se a necessidade de aquisição de peças de reposição, afim de manter o nível de estoque das peças compatível com as necessidades.

2.5 - DETERMINAÇÃO DOS TEMPOS PADRÕES PARA TRABALHOS DE MANUTENÇÃO

Barnes⁸ define tempo padrão, como sendo: "O tempo necessário para completar um ciclo de uma operação, quando realizado com um da do método, a uma certa velocidade arbitrária de trabalho, com previsão de demoras e atrasos, independentes do controle do operador".

No estudo de tempos padrões para manutenção, o ciclo de uma operação compreende a realização de determinada tarefa desde seu início, até a conclusão da mesma.

Num ciclo, supõe-se a existência da repetição da operação continuamente. Na manutenção no entanto essa repetição da operação pode / levar algum tempo para ocorrer novamente.

Os tempos padrões poderão ser determinados na manutenção, entre outros, por tres métodos principais.

- Experiência anterior.
- Tempos pré-determinados.
- Cronometragem.

2.5.1 - EXPERIÊNCIA ANTERIOR

Esse método para determinação de tempos padrões baseia-se na utilização dos registros de tempos, coletados nos arquivos da manutenção.

Em tal método, aproveitam-se os tempos que foram lançados nas fichas dos equipamentos, sempre que uma inspeção ou reparo foi realizado.

A verificação normalmente é baseada no espaço de tempo / gasto em algum trabalho semelhante.

Esse método apresenta como vantagens a rapidez e o baixo custo na obtenção de informações a respeito de tempos de falha dos equipamentos. No entanto a imprecisão e a variação das condições, na realização dos trabalhos de mesmo tipo, poderá ser grande e por isso mesmo se / constituir em desvantagem por não permitir uma boa confiabilidade se o interesse, além da programação da manutenção, for o da utilização de tempos padrões para aplicação de incentivos salariais.

2.5.2 - TEMPOS PRÉ-DETERMINADOS

É um método adequado e competitivo em relação aos demais métodos, para estabelecimento de tempos padrões à operações manuais, como é o caso da manutenção.

Características importantes de tal sistema são:

- Não haver necessidade de nenhuma medida de tempo junto ao elemento que estiver reparando um equipamento. Isso elimina o problema da influência psicológica que a cronometragem exerce sobre o elemento analisado.
- Forçar a quem determina os tempos padrões, a conside-rar em detalhes, o método que será analisado e com isso propiciar muitas vezes melhoria no método.

Em tal método é necessário inicialmente, uma análise de talhada de cada tarefa. Baseia-se na identificação das seguintes variá-veis:

- 1 - Membros, ou parte de um membro usado, isso é, existem tabelas, que fornecem os tempos sintéticos, para movimentação dos dedos, braços, pernas e pés. O que / possibilita a determinação de tempos, relativamente ao membro utilizado.
- 2 - Distância a ser percorrida no movimento, considera-dos todos os elementos de cada operação.
- 3 - Peso, ou resistência, isto é, o efeito do peso de uma ferramenta, peça ou objeto transportado, de um ponto para outro; considerando ainda o membro usado.

Outras considerações devem ser feitas sobre a dificuldade envolvida em cada movimento, além do cuidado, do tipo e da mudança de direção nos movimentos.

Esse método envolve a utilização de especialistas na obtenção de tempos.

Tabelas para determinação de tempos pré-determinados, podem ser encontradas em Krick⁹.

2.5.3 - CRONOMETRAGEM

Esse método também é conhecido como método das observa-ções diretas.

No método deve-se observar cada operação e anotar o tempo consumido desde o início até o fim da operação. Depois de haverem sido então coletadas um determinado número de observações, determina-se a média e introduz-se fatores de correção, conforme o ritmo de trabalho observado, de maneira a poder determinar-se um tempo padrão para cada operação.

Antes de iniciar a medida dos tempos para as atividades de reposição preventiva de peças, deve-se introduzir todos os melhoramentos possíveis, de modo que não ocorra após a determinação do tempo padrão, necessidade de alteração de padrões.

Tal método é caro e demorado, por necessitar na maior / parte das vezes, de um bom número de amostras para obter-se uma boa confiabilidade, além de necessitar de analistas para levantamento e estudo de tempos, porque tais elementos estão, normalmente familiarizados com avaliação de fator de ritmo, de modo a poder corrigir os tempos levantados.

A precisão do estudo de tempos por este método depende / da dispersão dos resultados obtidos, de maneira que quanto maior o desvio dos valores obtidos, em relação a média, maior deverá ser o número de observações.

Para determinação do número de observações para estudo / de tempos, primeiramente deve-se decidir acerca do nível de confiança e do erro relativo máximo desejados.

Comumente no estudo de tempos para manutenção adota-se / um nível de confiança de noventa e cinco por cento, com um erro relativo máximo de cinco, ou dez por cento. A escolha entre um desses valores está condicionada ao tempo da operação cronometrada.

Barnes¹⁰, recomenda para determinação de tempos de operação superiores a dois minutos utilizar uma pré-amostra de cinco elementos e para tempos de operação inferiores a dois minutos utilizar uma pré-amostra de dez elementos. Após a determinação da pré-amostragem, aplicando-se a expressão (1), apresentada por Barnes¹¹, determina-se o número de observações que deverão ser levantadas para que se tenha um nível de confiança de noventa e cinco por cento e um erro relativo máximo de cinco por cento.

$$N' = \left[\frac{40 \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{N} - \frac{(\sum_{i=1}^N x_i)^2}{N}}}{\sum_{i=1}^N x_i^2} \right]^2 \quad (1)$$

onde:

N' = Número efetivo de amostras a serem levantadas.

N = Número de observações da pré-amostragem.

x_i = Tempo levantado para cada elemento de uma amostra.

40 = Parâmetro que assegura uma precisão relativa de noventa e cinco por cento.

A expressão (1) é empregada para um nível de confiança / de noventa e cinco por cento com um erro relativo máximo de cinco por cento. Caso se queira trabalhar com um erro relativo máximo de dez por cento, divide-se o valor de N' obtido por dois.

Depois da determinação da pré-amostragem (N) e do número / de amostras efetivo (N'), determina-se:

$$DN = N' - N \quad (2)$$

Caso DN seja positivo, deve-se coletar mais DN observações. Se DN for nulo, ou negativo, o número de observações coletadas já é suficiente.

3 - FALHAS DE COMPONENTES E POLÍTICAS DE MANUTENÇÃO DE EQUIPAMENTOS

3.1 - DETERMINAÇÃO DA TAXA DE FALHAS DE COMPONENTES

Segundo Parson¹², por taxa de falhas de um componente entende-se a probabilidade de falha imediata do mesmo, dado que tal componente tem tempo x de uso.

Para determinação da taxa de falhas de um componente de um equipamento, considera-se o tempo entre falhas x uma variável aleatória não negativa.

A função densidade de probabilidade do variável aleatória x , $f(x)$ descreve o comportamento de x e é chamada de Lei de falha de uma peça de um equipamento e dá a probabilidade que um equipamento falhe num tempo x e $x + dx$, devido a falha da peça considerada.

Seja $S(x)$ a função sobrevivência dessa peça e dá probabilidade que a peça não falhe após operar por um tempo x depois de sua instalação, isto é:

$$S(x) = \int_x^{\infty} f(v) dv \quad (3)$$

onde v é uma variável fictícia.

Da relação entre $f(x)$ e $S(x)$ obtém-se a expressão matemática da taxa de falhas de uma peça de um equipamento de idade x , como sendo:

$$\phi(x) = \frac{f(x)}{S(x)} \quad (4)$$

3.2 - PERÍODOS DE FALHAS DOS EQUIPAMENTOS

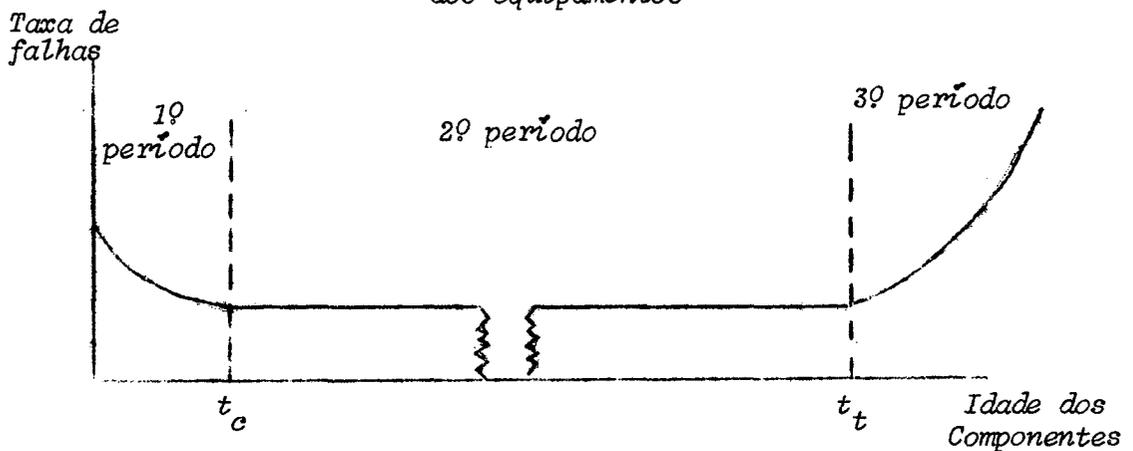
Pode-se classificar as falhas dos equipamentos como pertencentes a três períodos distintos.

Observando a figura 1, nota-se que no período inicial a taxa de falhas é elevada devido a alguns equipamentos conterem peças fracas ou defeituosas de fábrica, as quais falham nas primeiras horas do funcionamento dos equipamentos.

No entanto a medida que tais peças vão sendo substituídas, verifica-se /

que o número de falhas vai diminuindo até atingir, num tempo t_c , um nível onde a taxa de falhas permanece aproximadamente constante, quando todos os componentes inicialmente falhos tenham sido repostos.

FIGURA 1 - Gráfico dos períodos de falhas dos equipamentos



Usualmente o primeiro período coincide com o período de garantia dado pelas fábricas de equipamentos.

Uma vez sanados os problemas de falhas iniciais, os equipamentos entram num segundo período, o qual é chamado de período de vida útil, propriamente dita.

Nesse segundo período, tem-se uma distribuição de tempo / entre falhas, que pode ser descrita por uma exponencial, já que a taxa de falhas seria aproximadamente constante.

Nesse período de vida dos equipamentos a maioria das falhas ocorrem devido ao mau uso dos equipamentos, ao abuso na utilização, ou devido a problemas de lubrificação deficiente ou inexistente, além do problema de desgaste de peças.

Quando a vida de um equipamento atinge o terceiro período, a taxa de falhas aumenta rapidamente. Diz-se então que o equipamento está velho, porque as falhas são cada vez mais frequentes.

3.3 - DETERMINAÇÃO DA FUNÇÃO DENSIDADE DE PROBABILIDADE DO TEMPO ENTRE FALHAS

A determinação da função densidade de probabilidade $f(x)$ será feita levando-se em conta os dados referentes aos tempos decorridos / entre falhas sucessivas nos equipamentos.

Para determinação da função densidade de probabilidade de termina-se antes a distribuição de freqüência de ocorrência das falhas. Os dados referentes aos tempos decorridos entre as falhas dos equipamentos / podem ser obtidos diretamente das fichas dos equipamentos, quando as mesmas são confiáveis.

Para o estudo da reposição preventiva de peças considera-se a função densidade de probabilidade dos tempos decorridos entre falhas, para cada peça isoladamente.

Após obtidos os dados referentes aos tempos decorridos entre falhas, tempos esperando reparos e tempo gastos para realizar os reparos: o primeiro passo a ser executado é o da determinação da distribuição de freqüência dos tempos decorridos entre falhas, para cada peça.

A seguir, aplica-se um teste de aderência para verificar se as distribuições de freqüência obtidas, podem ser representadas, a menos de um certo erro, por uma distribuição de probabilidade tomada como teste.

O teste que aplicamos é o do qui quadrado, que consiste / essencialmente em selecionar uma região crítica para a variável aleatória QQ gerada no procedimento estatístico, tal que a probabilidade desta variável cair nessa região é um valor fixado (α). Aceita-se como verdadeira a hipótese, se o valor da variável não cair na região crítica. Caso caia na região considerada crítica, rejeita-se a hipótese e tenta-se então outra distribuição.

O valor considerado no teste varia conforme a precisão / que se queira.

Tal teste resolve satisfatoriamente problemas onde se / tenha uma quantidade finita de observações de tempos decorridos entre falhas.

O método do Qui quadrado é baseado na seguinte fórmula:

$$QQ = \sum_{i=1}^k \frac{(A_i - E_i)^2}{E_i} \quad (5)$$

onde:

A_i = Freqüência observada no intervalo considerado.

E_i = Freqüência esperada da distribuição de probabilidade testada, no intervalo considerado.

k = Número de intervalos considerados.

O teste da função densidade de probabilidade pode ser

feito através do programa de computador do Apêndice 1 (pág. 88) para distribuição Normal e gama, ~~os~~ então calculados mecanicamente.

3.4 - POLÍTICAS DE REPOSIÇÃO DE COMPONENTES

Estabeleceu-se duas políticas de reposição de componentes/ falhos, ou em vias de falhas, em função:

- a - Do custo de manutenção corretiva, ou preventiva.
- b - Da função distribuição de probabilidade do tempo en -
tre falhas.

No estabelecimento das políticas, pode-se considerar o caso da reposição das peças antes das mesmas falharem (manutenção preventiva), como também o caso da reposição de componentes de equipamentos / após ocorrerem as falhas (manutenção de emergência).

No entanto, algumas suposições devem ser consideradas no estabelecimento das políticas de manutenção.

- 1 - A função densidade de probabilidade aproximada do tempo entre falhas, deverá ser conhecida; sem a mesma é impossível estabelecer qualquer política da manuten-ção.
- 2 - Não se levou em conta problemas de filas que surgem/ quando componentes falham simultaneamente, sendo o número de reparadores limitado.
- 3 - Os componentes serão considerados eficientes até que falhem. Pode-se considerar como falha, uma peça que por desgaste gradual faz com que o equipamento que a contenha, produza produtos de níveis de qualidade inferiores aos desejados.
- 4 - Quando um reparo ocorre um componente novo é introduzido no lugar daquele que falhou.

Fundamentalmente, as políticas de reposição devem responder a questões referentes ao custo da manutenção preventiva e da corre-tiva e à escolha entre uma ou outra política, será feita em função do respectivo custo médio por unidade de tempo.

3.4.1 - POLÍTICA 1

Considerou-se como política 1, a política de repor as peças, após a falha das mesmas.

Para isso, seja um período de tempo T , onde ocorrem falhas de uma peça pertencente a um dado equipamento.

Seja $u = \int_0^{\infty} x f(x) dx$, a média do tempo x entre falhas.

O número esperado de falhas de um componente de mesmo tipo que ocorrerá no período de tempo T , será dado por:

$$N_1 = \frac{T}{u} \quad (6)$$

O custo esperado total das falhas dos componentes do mesmo tipo, no período de tempo T , será dado por:

$$C_t = N_1 \cdot C_f \quad (7)$$

onde:

C_f = Custo para repor cada peça do mesmo tipo que falhar (Os componentes de tal custo serão vistos posteriormente).

O custo médio da política 1, por unidade de tempo, será / denotado por C_1 e dado por:

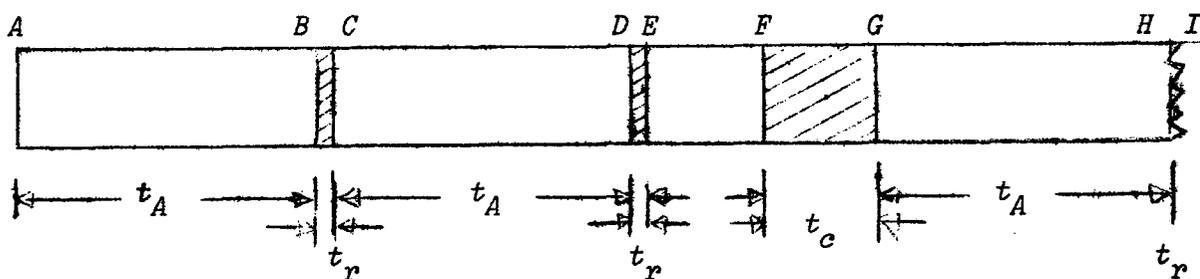
$$C_1 = \frac{C_f}{u} \quad (8)$$

3.4.2 - POLÍTICA 2

Nesta política considera-se que as peças dos equipamentos serão substituídas, por manutenção preventiva, após t_A horas de operação. Caso alguma peça falhe antes do tempo t_A , deverá ser substituída logo / após a falha.

A representação gráfica de tal procedimento pode ser vista na fig 2.

FIGURA 2 - Gráfico de reposição de peças da política 2.



Da figura acima, depreende-se que se considerado o componente que teve tal gráfico de reposição, verifica-se que o equipamento / que o contém iniciou o funcionamento no tempo A. No tempo B, houve necessidade de reposição de peça que estava programada a ser realizada em B. / Feita essa reposição preventiva a máquina foi posta novamente a funcionar, tendo a mesma funcionado até o tempo D, onde ocorreu nova reposição preventiva da peça. Colocada novamente em funcionamento, a mesma operou até o tempo F, quando falhou em serviço, gastando tempo t_c para ser posta novamente em funcionamento em G. Trabalhou até a época de reposição preventiva H e assim por diante.

Nota-se nessa política que as peças são repostas preventivamente cada período de tempo t_A . No entanto quando ocorre a necessidade de manutenção de emergência, repõe-se a peça falha, a qual se não falhar novamente, será substituída somente na época programada.

Considerando-se m componentes do mesmo tipo a serem utilizados no mesmo equipamento, o custo para repor esses componentes será dado, segundo Cox¹³ por:

$$m S(t_A)C_p + m(1 - S(t_A))C_f \quad (9)$$

onde:

C_f = Custo para realizar uma manutenção de emergência.

C_p = Custo para realizar uma manutenção preventiva.

A composição de tais custos será vista posteriormente.

$S(t_A)$ = Função sobrevivência, considerada até o tempo t_A .

O espaço de tempo médio em que os m componentes estarão / em uso, será:

$$m \int_0^{t_A} S(x) dx$$

onde, segundo Cox¹⁴, se u for finito:

$$\int_0^{t_A} S(x) dx = u$$

Então analogamente ao caso da política 1, tem-se que o custo médio por unidade de tempo, para política 2, será dado pelo quociente entre o custo para repor os m componentes e o espaço de tempo médio esperado que os m componentes estarão em uso.

Logo o custo da política 2 será dado por:

$$C_2 = \frac{m S(t_A) C_p + m(1 - S(t_A)) C_f}{m \int_0^{t_A} S(x) dx} \quad (10)$$

Simplificando-se m e operando-se resulta:

$$C_2 = \frac{S(t_A) C_p + C_f - S(t_A) C_f}{\int_0^{t_A} S(x) dx} \quad (11)$$

Colocando-se $S(t_A)$ em evidência:

$$C_2 = \frac{C_f - (C_f - C_p) S(t_A)}{\int_0^{t_A} S(x) dx} \quad (12)$$

Para achar-se o valor de t_A , que dá o mínimo custo para C_2 , deriva-se a equação (12) em relação a t_A , igualando-se a zero a expressão obtida. Agindo dessa forma tem-se:

$$(C_f - C_p) f(t_A) \int_0^{t_A} S(x) dx - [C_f - (C_f - C_p) S(t_A)] S(t_A) = 0 \quad (13)$$

Dividindo-se a expressão (13) por $S(t_A)$, resulta:

$$(C_f - C_p) \frac{f(t_A)}{S(t_A)} \int_0^{t_A} S(x) dx - [C_f - (C_f - C_p) S(t_A)] = 0 \quad (14)$$

No entanto sabendo-se que:

$$\phi(t_A) = \frac{f(t_A)}{S(t_A)} \quad (15)$$

onde $\phi(t_A)$ dá a taxa de falhas de uma peça com idade t_A , e fazendo-se a substituição resulta:

$$(C_f - C_p) \phi(t_A) \int_0^{t_A} S(x) dx + (C_f - C_p) S(t_A) = C_f \quad (16)$$

Dividindo-se ambos os membros por $(C_f - C_p)$, tem-se

$$\phi(t_A) \int_0^{t_A} S(x) dx + S(t_A) = \frac{C_f}{C_f - C_p} \quad (17)$$

Caso a derivada segunda da equação (12) em relação a t_A , seja maior que zero, resulta que o custo C_2 é mínimo.

3.4.3 - CONDIÇÃO SUFICIENTE PARA ESCOLHA DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A condição suficiente para que a política C_2 seja preferível a política C_1 , é que C_2 seja uma função crescente de t_A para t_A grande.

Aplicando-se o logaritmo natural à expressão (12), fica-se com:

$$\log C_2 = \log \frac{C_f - (C_f - C_p) S(t_A)}{\int_0^{t_A} S(x) dx} \quad (18)$$

donde:

$$\log C_2 = \log [C_f - (C_f - C_p) S(t_A)] - \log \int_0^{t_A} S(x) dx \quad (19)$$

derivando a expressão (19), em relação a t_A , resulta:

$$\frac{d}{dt_A} \log C_2 = \frac{(C_f - C_p) f(t_A)}{C_f - (C_f - C_p) S(t_A)} - \frac{S(t_A)}{\int_0^{t_A} S(x) dx} \quad (20)$$

dividindo ambos os membros da expressão (20) por $S(t_A)$, resulta:

$$\frac{1}{S(t_A)} \frac{d}{dt_A} \log C_2 = \frac{(C_f - C_p) f(t_A)}{S(t_A) [C_f - (C_f - C_p) S(t_A)]} - \frac{S(t_A)}{S(t_A) \int_0^{t_A} S(x) dx} \quad (21)$$

no entanto como viu-se em (15)

$$\phi(t_A) = \frac{f(t_A)}{S(t_A)} \quad (22)$$

Substituindo-se (22) em 21), resulta:

$$\frac{d}{dt_A} \log C_2 = S(t_A) \left\{ \frac{(C_f - C_p) \phi(t_A)}{(C_f - (C_f - C_p) S(t_A))} - \frac{1}{\int_0^{t_A} S(x) dx} \right\} \quad (23)$$

Se no entanto, $t_A \rightarrow \infty$

$$\lim_{t_A \rightarrow \infty} S(t_A) = \lim_{t_A \rightarrow \infty} \int_{t_A}^{\infty} f(x) dx = 0 \quad (24)$$

$$\int_0^{\infty} S(x) dx = u, \text{ conforme apresentado por Meyer}^{15}.$$

Levando a expressão (23) ao limite para $t_A \rightarrow \infty$ e sabendo-se que se uma função é crescente, sua derivada primeira é positiva e se a função for constante sua derivada primeira é nula, e como na expressão (23), $S(t_A)$ não poderá nunca ser negativo porque só pode assumir valores compreendidos entre zero e um. Para que C_2 seja crescente para t_A / grande é necessário que a parte da expressão (23) que está entre colchetes seja positiva.

Logo, considerando-se $t_A \rightarrow \infty$, a parte da expressão / que está entre colchetes fica:

$$\frac{(C_f - C_p) \phi(\infty)}{C_f} = \frac{1}{u} > 0 \quad (25)$$

Representando a expressão (25) a condição de suficiência para que a política C_2 seja preferível à política C_1 .

EXEMPLO 1 - ESCOLHA DA POLÍTICA DE REPOSIÇÃO
DE COMPONENTES

Sejam os tempos entre falhas de um determinado componente de um equipamento os apresentados no APÊNDICE 1, pág. 93

Considera-se que os custos unitários de manutenção / preventiva e corretiva sejam da ordem de 5,00 e 10,00 unidades monetárias, respectivamente.

Entrando-se com os dados de tempos entre falhas do / componente em estudo, no programa de computador do APÊNDICE pág. 88, verifica-se que a distribuição probabilística seguida pelos tempos entre falhas, pode ser aproximada a uma distribuição gama.

A distribuição gama, tem a seguinte função densidade de probabilidade.

$$f(x) = \frac{\lambda^K (x)^{K-1} e^{-\lambda x}}{(K-1)!}, \text{ para } x \geq 0 \quad (26)$$

A utilização de tal programa pode ser feita entrando-se no programa com os cartões de dados seguintes:

- 1 - No primeiro cartão de dados dá-se entrada no formato especificado no programa, das seguintes variáveis:

NL, NC, NCLAS, LIM, ITAMI

onde:

NL = Número de cartões da matriz de dados.

NC = Número de dados de cada cartão da matriz de dados.

NCLAS = Número de intervalos considerados no levantamento dos tempos entre falhas.

LIM = Limite inferior dos intervalos considerados no levantamento dos tempos entre falhas.

ITAMI = Tamanho dos intervalos considerados.

- 2 - Nos cartões seguintes dá-se entrada, com o formato especificado no programa dos valores do quiquadrado referente ao nível de confiança adotado.
- 3 - Nos cartões seguintes entra-se com valores da normal/reduzida, os quais serão usados para verificar se a distribuição de frequências em estudo se aproxima de uma distribuição normal.

4 - Os últimos cartões a entrarem no programa são os referentes a matriz de dados de tempos entre falhas.

Entrando-se com os dados no programa pag 88 do APÊNDICE 1, encontra-se que de fato a distribuição de frequência pode ser aproximada por uma distribuição gama com os parâmetros:

$$K = 3$$

$$\alpha = 1$$

A partir dos dois parâmetros obtidos, determina-se a média da distribuição, sabendo-se que a média de uma distribuição gama é dada por:

$$u = \frac{K}{\alpha} \quad (27)$$

resulta:

$$u = 3$$

Substituindo-se os valores de K e α , obtidos, em (26), / tem-se:

$$f(x) = 1/2 x^2 e^{-x}, \quad x \geq 0 \quad (28)$$

Da expressão (25) tem-se que a condição para que a reposição preventiva seja preferível à reposição de emergência, é que:

$$u \phi(\infty) > \frac{C_f}{C_f - C_p} \quad (29)$$

$f(x)$, foi determinado na expressão (28) e

$$S(x) = \int_x^{\infty} f(x) dx = \quad (30)$$

$$= 1/2 \int_x^{\infty} e^{-x} x^2 dx, \quad (31)$$

de tabelas de integrais, obtém-se:

$$S(x) = e^{-x} (x^2/2 + x + 1) \quad (32)$$

Substituindo-se $f(x)$ na expressão (22) tem-se:

$$\phi(x) = \frac{1/2 e^{-x} x^2}{e^{-x} (x^2/2 + x + 1)} \quad (33)$$

onde resulta:

$$\phi(x) = \frac{1}{1 + 2/x + 2/x^2} \quad (34)$$

para $x \rightarrow \infty$
 $\phi(x) \rightarrow 1$

Substituindo-se os custos dados além de u e $\phi(x)$ na expressão (29) resulta:

$$3.1 > \frac{10}{10 - 5} \quad (35)$$

Donde conclue-se que a política 2, nesse caso, é mais conveniente de ser aplicada do que a política 1, em vista da condição de escolha entre elas, ser favorável à política 2.

É interessante analisar o comportamento do custo médio por unidade de tempo para ambas as políticas, neste exemplo.

Para política 1, conforme (8)

$$C_1 = \frac{C_f}{u} = \frac{10}{3} = 3,33 \text{ u.m.}$$

Para política 2, conforme (10)

$$C_2 = \frac{C_f - (C_f - C_p) S(t_A)}{\int_0^{t_A} S(x) dx} \quad (36)$$

Substituindo-se os dados na expressão 36 tem-se:

$$C_2 = \frac{10 - (10 - 5) e^{-t_A} (t_A^2/2 + t_A + 1)}{\int_0^{t_A} e^{-x} (x^2/2 + x + 1) dx} \quad (37)$$

$$C_2 = \frac{10 - 5 e^{-t_A} (t_A^2/2 + t_A + 1)}{(3 - e^{-t_A} (t_A^2/2 - 2 t_A + 3))} \quad (38)$$

Do que resulta:

$$C_2 = \frac{5t_A^2 + 10 t_A + 10 - 20 e^{t_A}}{t_A^2 + 4 t_A + 6 - 6 e^{t_A}} \quad (39)$$

O valor de t_A ótimo poderia ser obtido analiticamente / através da expressão (17) no entanto para ilustrar, determinamos t_A graficamente.

Testando os valores de t_A de 1 a 10, na expressão (39) / obtêm-se no quadro 10, relacionados os valores de custo médio por unidade de tempo de reposição preventivas, em unidades monetárias.

Observando-se os valores obtidos no quadro 11, nota-se /

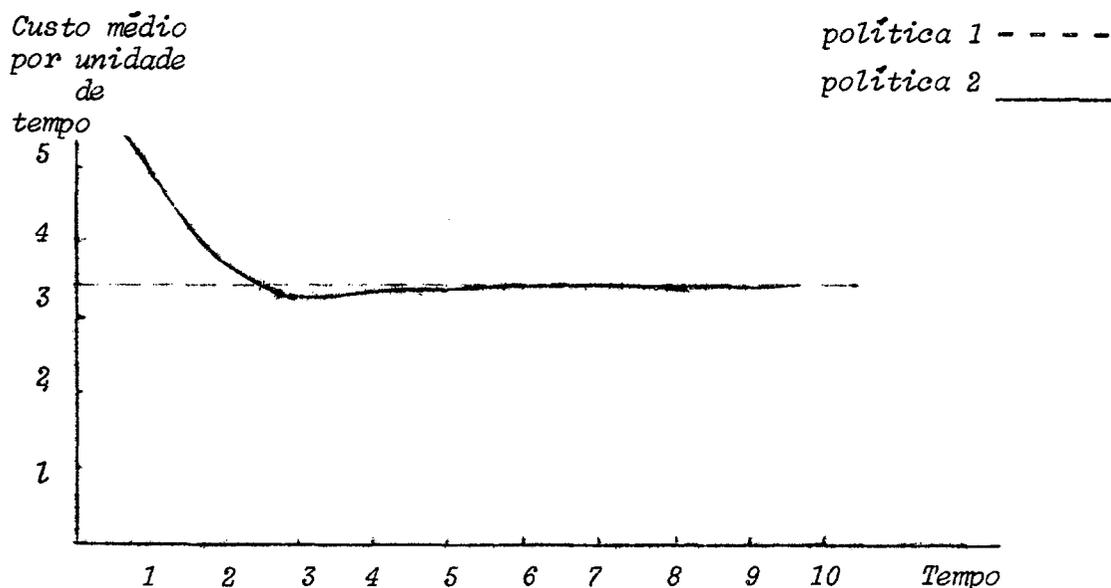
que: se a reposição do componente é feita no terceiro dia, caso o componente não falhe antes, atinge-se o custo mínimo de tal política: se a reposição preventiva do componente ocorrer antes do terceiro dia, o custo / de tal reposição é maior do que se deixasse esse componente falhar. Caso a reposição do componente seja feita a partir do terceiro dia de vida do mesmo o custo médio unitário (unidade de tempo) de tal reposição vai aumentando até atingir o custo de reposição de emergência.

QUADRO 10 - Custo médio por unidade de tempo de reposições preven-
tivas do exemplo 1

Tempo entre reposições (dias)	custo médio por unidade de tempo (u. m.)
1	5,53
2	3,71
3	3,28
4	3,31
5	3,32
6	3,32
7	3,32
8	3,32
9	3,32
10	3,32

A partir dos dados do quadro 1, pode-se determinar o grá-
fico da figura 3, que relaciona o custo médio por unidade de tempo de re-
posições e o tempo em dias.

FIGURA 3 - Gráfico que expressa a relação entre o custo das políticas aplicadas no exemplo 1.



Da figura 3, pode-se concluir neste caso que:

- 1 - Os custos da política 2, aproximam-se dos custos da política 1, a partir do ponto de custo mínimo, a medida que se aumenta o tempo entre reposição de componentes.
- 2 - A política 1, seria mais conveniente que a 2, somente se as reposições fossem feitas antes do terceiro dia de vida do componente.
- 3- O custo mínimo de reposição para esse componente é verificado para política 2, em se observando um período de reposição da peça de 3 dias.
- 4 - Quando não for possível repor o componente exatamente no terceiro dia de vida, devido a não ser possível parar o equipamento por qualquer motivo; é melhor então substituir o componente depois do terceiro dia, / do que substituí-lo antes.

3.5 - DETERMINAÇÃO DIRETA DO TEMPO DE REPOSIÇÕES PREVENTIVAS

Além da determinação de tempo de reposição de componentes de equipamentos através de custos, pode-se fazê-lo diretamente.

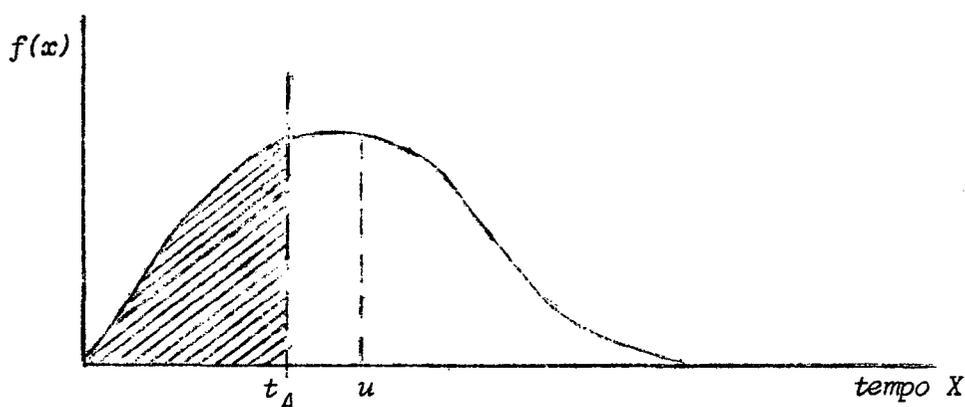
Isso poderá acontecer no caso em que seja estipulado pela empresa, que a meta da manutenção preventiva seja substituir componentes, de maneira a evitar que as falhas superem certo percentual adotado um certo percentual de falhas. Se, por exemplo, é estabelecido na empresa, que a meta é prevenir setenta e cinco por cento das falhas, isso diz que se tolera vinte e cinco por cento das falhas possíveis.

No caso em que a falha de algum componente colocar em risco a vida humana e as instalações da fábrica, deve-se independentemente / do custo mínimo da política, prevenir o máximo de falhas possíveis.

Para determinação direta do tempo de reposição de componentes, quando existe na empresa uma meta de prevenir um certo percentual de falhas, age-se da seguinte forma:

- a - Levantamento dos tempos entre falha de cada um dos / componentes.
- b - Determinação da distribuição probabilística dos tempos entre falhas que se ajusta à distribuição de frequência e de seus parâmetros.
- c - Fixação de um percentual estabelecido pela política de prevenção de falhas. Tal percentual poderá ser variável para diferentes equipamentos.
- d - Com a determinação da distribuição probabilística dos tempos entre falhas e com a fixação de um certo percentual de prevenção das falhas, pode-se determinar o tempo de reposição de componentes. A determinação do tempo de reposição é feita integrando-se a função densidade de probabilidade dos tempos entre falhas de zero até um valor t_A (Figura 5), fazendo-se essa integral igual ao percentual permitido de falhas. Calculando-se a integral, pode-se determinar o valor de t_A , o qual / dará o tempo de reposição do componente em estudo.

FIGURA 4 - Figura que expressa a área de integração na determinação do tempo de reposição de componentes.



Se a distribuição probabilística, encontrada no item "a" da página anterior, for uma normal, o cálculo da integral fica simplificado/ porque pode-se utilizar tabelas da distribuição normal. Para esclarecer mais essa questão apresenta-se a seguir um exemplo para determinação direta do tempo de reposição de componentes.

EXEMPLO 2 - Determinação direta do tempo de reposição de componentes de um equipamento.

Para ilustrar o item 3.5 apresenta-se a seguir um exemplo didático, para determinação direta do tempo de reposição de um componente.

Tal exemplo é apresentado por MANN¹⁶, e refere-se a / determinação do tempo de reposição de um certo componente considerado crítico de determinado tipo de compressor, sabendo-se que deverão ser prevenidas setenta por cento das falhas possíveis. Os tempos entre falhas de tal componente são apresentados no Quadro 11.

QUADRO 11 - Tempo de vida do componente crítico dos equipamentos considerados no exemplo 2. (Considerando que os tempos foram levados em horas de vida).

Número do Compressor	Vida do componente	Número do compressor	Vida do componente
8	660	7	650
5	780	3	625
1	520	5	590
3	720	6	590
6	570	8	620
2	480	2	750
8	675	4	665
4	715	1	640
5	560	7	585
7	700	4	600
6	645	2	640
3	545	1	710

A distribuição de frequências dos tempos entre falhas / observados no quadro 11, pode ser observada na Figura 5.

Observando-se a Figura 5, nota-se que tal distribuição segue aproximadamente uma normal, o que de fato pode ser comprovado por um teste de aderência.

A determinação dos parâmetros da distribuição normal: média e desvio padrão dos tempos entre falhas poderá ser feita da seguinte forma:

A - determinação da média dos tempos entre falhas:

$$u = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (40)$$

onde

u = média da distribuição.

N = Número de componentes amostrados.

x_i = Valores tabelados no Quadro 11.

Substituindo-se os valores dados em (40) encontra-se:

$u = 630$ horas.

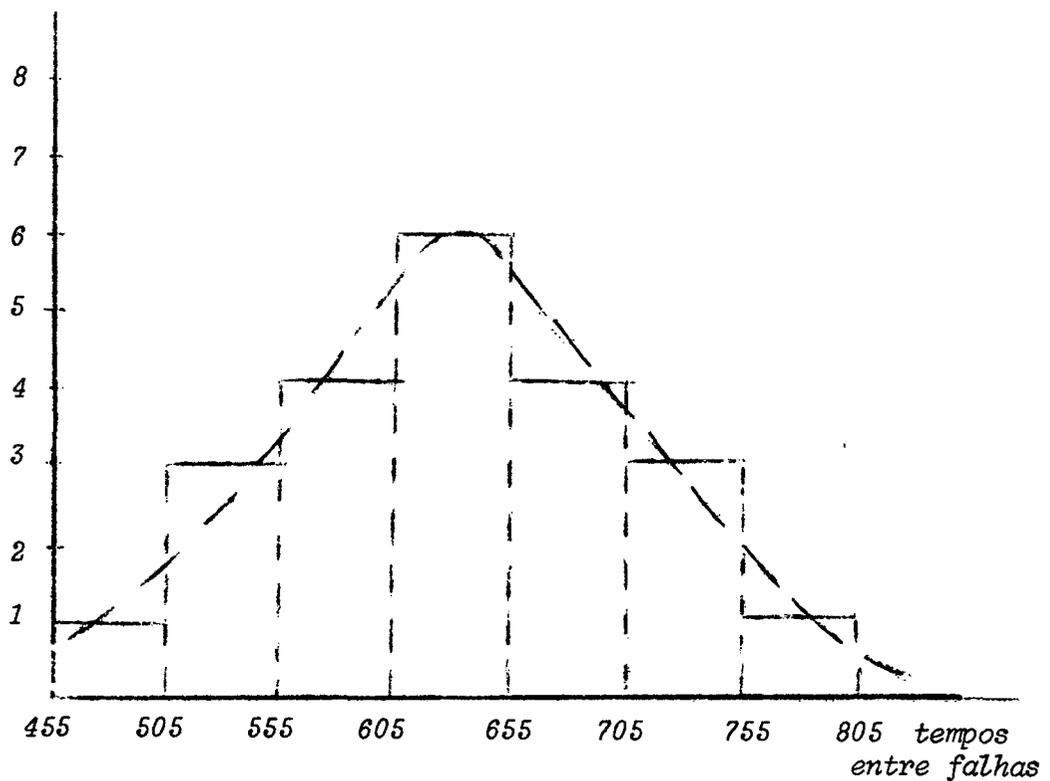
B - A determinação do desvio padrão será dada por:

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - u)^2}}{\sqrt{N - 1}} \quad (41)$$

Substituindo-se os valores dados, encontra-se:

$\sigma = 74$ horas.

FIGURA 5 - Gráfico da distribuição de frequência dos tempos entre falhas do componente do exemplo 2.



Na normal reduzida, a distância entre a média e o ponto determinado pelo percentual de tolerância de falhas, pode ser obtido por:

$$t = z \cdot \sigma \quad (41)$$

onde:

t = distância entre a média das amostras e o ponto determinado pelo percentual de tolerância de falhas.

z = Determinado em tabelas da normal reduzida considerando-se o percentual de tolerância de falhas.

σ = Desvio padrão entre os tempos de falhas do componente / em estudo.

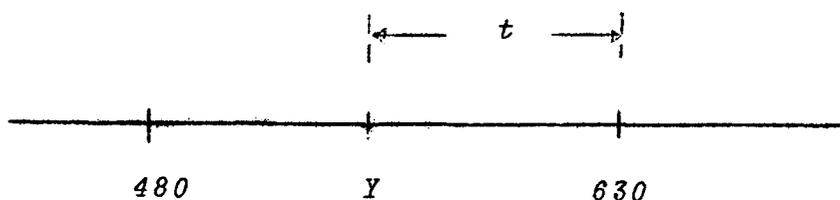
Se a meta, nesse caso é prevenir setenta por cento das falhas então aceita-se a falha de trinta por cento dos componentes.

De tabelas da distribuição normal reduzida encontra-se que $z = 0.84$, considerando-se que se aceita a falha de trinta por cento dos componentes.

Substituindo-se σ e z em (42) resulta:

$$t = 62 \text{ horas.}$$

FIGURA 6 - Gráfico para determinação do tempo de reposição dos componentes do exemplo 2.



Logo conclue-se que

$$Y = 630 - t \quad (43)$$

$$Y = 568 \text{ horas.}$$

Logo, para que se tolere apenas trinta por cento das falhas, ou seja, trinta por cento dos componentes possam falhar antes de serem / substituídos, deve ocorrer a reposição preventiva de tais componentes, / quando for atingido o tempo Y de utilização dos mesmos.

4 - ASPECTOS A SEREM CONSIDERADOS NO PLANEJAMENTO, PROGRAMAÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA MANUTENÇÃO

Há vários aspectos que devem ser considerados no planejamento da manutenção, entre eles encontram-se: o tamanho da fábrica, o tipo de produtos fabricados, ferramentas a disposição, quantidade e qualidade do pessoal da manutenção, além das rotinas básicas do planejamento. Na programação são verificados aspectos mais ligados a rotina, elaboração de cronogramas e escolha de datas para realização da manutenção. Na implantação / são considerados aspectos ligados ao esclarecimento e treinamento do pessoal.

4.1 - FATORES DE QUE DEPENDE O PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO

"Ao planejamento da manutenção caberá a responsabilidade básica de estabelecer a prioridade dos trabalhos, assegurando que ferramentas necessárias estejam disponíveis e emitir ordens de serviço a serem executados¹⁷..."

O planejamento da manutenção depende de um certo número de fatores e dificilmente poderá ser o mesmo para duas empresas. Dependerá o planejamento: do tamanho da fábrica, do tipo de produtos fabricados, das ferramentas e instrumentos a disposição e da qualificação e quantidade do pessoal da manutenção.

4.1.1 - TAMANHO DA FÁBRICA

O tamanho da fábrica irá influir no planejamento para determinação do número de seções de atendimento. Em função do tamanho da empresa, se optará por uma forma organizacional, ou outra, de maneira a minimizar os percursos entre a seção de manutenção e os equipamentos. O tamanho da fábrica influirá ainda na determinação do local dos almoxarifados de ferramentas e peças de reposição.

4.1.2 - TIPOS DE PRODUTOS FABRICADOS

O tipo de produto fabricado influirá no planejamento da manutenção porque, dependendo do nível de qualidade desejado dos produtos, a manutenção deverá ser mais ou menos atuante. Como exemplo, poderia citar-se o caso de uma indústria mecânica, onde se exigisse um certo nível de qualidade dos produtos, compatível com a qualidade dos equipamentos. Digamos que por determinado tempo, os produtos provenientes de certa máquina / estivessem situados numa faixa de qualidade aceitável, no entanto, se a partir de uma dada hora, o nível de qualidade dos produtos começasse a baixar, sem haver alteração de nenhum parâmetro externo tais como: qualidade/ da matéria prima, ferramentas, operadores dos equipamentos etc., isso da-ria uma grande evidência de que algum componente do equipamento estivesse/ falho ou com excessivo desgaste, o que originaria uma baixa no nível de qualidade dos produtos obtidos de tal equipamento.

Quando uma empresa trabalha com a elaboração de produtos , cuja perda é muito onerosa, é interessante a reposição preventiva de peças dos equipamentos que produzirem tais produtos, embora tal planejamento possa aumentar o trabalho da seção de planejamento.

4.1.3 - FERRAMENTAS E INSTRUMENTOS A DISPOSIÇÃO

A quantidade e qualidade de ferramentas e instru-mentos a disposição da manutenção influem consideravelmente no seu planejamento. Um plano de inspeção poderá ser tanto mais efetivo quanto mais adequados forem os instrumentos de inspeção utilizados, com isso muitas vezes não haverá necessidade de desmontar equipamentos para inspecioná-los o que implicaria numa diminuição da carga de trabalho. A quantidade e qualidade/ de ferramentas existentes, também influirá no planejamento, porque muitas vezes a falta de ferramentas adequadas, implica na alteração de planos.

4.1.4 - QUANTIDADE E QUALIFICAÇÃO DO PESSOAL

A quantidade e qualificação do pessoal que traba-lha na manutenção influi na quantidade de trabalho delegado à seção de manutenção, pois, se não houver pessoal especializado para executar certos

serviços, os mesmos deverão ser executados por pessoal de fora. Um caso muito comum é o verificado em algumas empresas em que o enrolamento dos motores elétricos que falharem é feito fora. Essa medida diminui a carga de trabalho para o departamento de manutenção e também faz com que não haja necessidade de contratar elemento especializado em tal setor.

A - DETERMINAÇÃO DO NÚMERO ÓTIMO DE REPARADORES PARA MANUTENÇÃO

Um requisito primário para que o serviço de manutenção funcione bem é que o número de pessoas empregadas em tal trabalho seja ótimo. Se houver um número de reparadores menor que o necessário poderá haver o perigo da submanutenção e se houver um número de reparadores maior que o necessário, haverá um custo adicional que será o custo de ociosidade dos reparadores. Deverá portanto haver cuidados no balanceamento adequado entre custo de reparadores ociosos e custo de equipamentos aguardando reparos.

Uma maneira satisfatória para se determinar o número de reparadores é obtida pelo quociente entre a carga de trabalho anual, em horas, de manutenção da empresa, pelo número efetivo de horas trabalhadas / por cada elemento da manutenção.

Outra maneira para estimar o número de reparadores, pode / ser através da comparação com os efetivos em pessoal de outra empresa bem organizada, que utilize o mesmo tipo de equipamento, fabrique o mesmo tipo de produto e que tenha tempo de funcionamento aproximadamente igual. Tal situação não é fácil de ser encontrada e quando encontrada, deve-se ter / cautela na comparação. Os dados assim obtidos dão de maneira aproximada a quantidade de pessoas necessárias para manutenção.

Uma outra forma possível para se determinar o número de pessoas para um grupo de manutenção pode ser por simulação. Para utilização / da simulação em problemas desse tipo é necessário o conhecimento das funções densidade de probabilidade de falhas e de reparo dos equipamentos.

Considera-se que quando uma máquina falha, a mesma poderá / ser atendida imediatamente ou ficar aguardando reparos, isto conforme a disponibilidade de reparadores.

O tempo de funcionamento das máquinas e o tempo de reparo / são considerados como sendo variáveis aleatórias.

Basicamente a simulação determinará custos de máquinas es - perando reparos e de reparadores ociosos.

A quantidade de reparadores é função:

- Do número de equipamentos existentes.
- Do tempo entre falhas dos equipamentos.
- Do tempo de reparo dos equipamentos.
- Do custo de reparo dos equipamentos.
- Do custo horário dos reparadores.
- Do custo horário das máquinas esperando reparos.

No Apêndice-4(pág.107), consta um programa de computador para resolver por intermédio da simulação, isso é determinar o número / ótimo de reparadores para o grupo da manutenção.

Em tal programa pode-se simular a utilização de até 50 equipamentos com até 50 reparadores.

O programa consta de:

- 1 - Subrotinas para geração de valores que sigam as distribuições: normal, exponencial e gama; além de uma subrotina para geração de números aleatórios, os quais serão utilizados na geração dos valores das distribuições.
- 2 - Programa principal que determinará, em função do número de passagens da simulação (número de falhas dos equipamentos), o tempo ocioso das máquinas aguardando reparos e o tempo ocioso do pessoal de reparos.

Sabendo-se o custo por unidade de tempo de uma máquina parada e o custo por unidade de tempo dos reparadores (em termos médios), / pode-se determinar o número ótimo de reparadores.

Considera-se ainda nesse programa que todas as máquinas / tenham a mesma prioridade no atendimento e que os equipamentos sejam do mesmo tipo.

Para utilização do programa de simulação deve-se:

- 1 - Verificar a que distribuição de probabilidade seguem / os tempos de falhas e os de reparos e quais os seus parâmetros.
- 2 - Preparar o programa na seguinte ordem:
 - a - Subrotina geradora de números aleatórios.
 - b - Subrotina geradora de valores para distribuição de probabilidade dos tempos de falha dos equipamentos.
 - c - Subrotina geradora de valores para distribuição de probabilidade do tempo de reparo dos equipamentos.
 - d - Programa principal.
- 3 - A entrada de dados será função do arranjo das subrotinas necessárias para geração dos valores para as

distribuições e em função desse arranjo, possivelmente o cartão `FORMAT` correspondente ao `READ(2,230)`, da página 108 pertencente ao programa principal, deva ser alterado para receber as novas variáveis.

Como modelo analítico de tal sistema pode-se considerar um problema de filas, no qual os equipamentos formam a fila e sendo os equipamentos atendidos em estações de serviço (reparadores).

EXEMPLO 3 - DETERMINAÇÃO DO NÚMERO ÓTIMO DE REPARADORES

Considerou-se neste exemplo uma situação real sendo os dados levantados de determinado tipo de equipamento, utilizados por uma indústria têxtil situada na região do Vale do Itajaí.

Seja a determinação do número ótimo de reparadores para atender cinco máquinas de Cardar, as quais apresentam os tempos de falha dados na página 93.

A partir do tempo entre falhas, utilizando-se o programa de computador do Apêndice 1 (pág. 88), determinam-se a distribuição de freqüências entre tempos de falhas, listadas no Quadro 12.

Em seguida testam-se as distribuições probabilísticas / cujas configurações mais se aproximem da distribuição de freqüência de falhas obtida no Quadro 12. Tal teste pode ser feito com programa teste do Apêndice-1 (pág. 88).

Verifica-se que tal distribuição segue uma distribuição gama, com parâmetros:

$$K = 6$$

$$\sigma = 1.3$$

QUADRO 12 - Tabela de distribuição de frequências de tempos entre falhas dos equipamentos do exemplo 3

Dias de falhas	Frequência de falhas
0 a 1	3
1 a 2	17
2 a 3	45
3 a 4	51
4 a 5	46
5 a 6	16
6 a 7	10
7 a 8	7
8 a 9	3
9 a 10	2

Considerando-se os tempos de atendimento dos equipamentos (reparos), os quais são dados na página 97 e aplicando-se o programa de computador do Apêndice (pág. 88), determina-se a tabela do Quadro 13.

QUADRO 13 - Tabela de distribuição de frequência dos tempos de atendimento aos equipamentos / do exemplo 3.

Tempo de atendimento (horas)	frequência de atendimento
0 a 1	36
1 a 2	55
2 a 3	47
3 a 4	30
4 a 5	18
5 a 6	8
6 a 7	4
7 a 8	2

Testando-se as distribuições probabilísticas cujas configurações mais se aproximem da distribuição da frequência de atendimento / aos equipamentos do Quadro 13. Verifica-se que tal variável aleatória segue uma distribuição gama com os parâmetros:

$$K = 3$$

$$\alpha = 1.0$$

Uma vez determinadas as distribuições e os parâmetros / das mesmas, o próximo passo é a montagem do programa para simular as condições do problema.

O programa será montado, para o exemplo em estudo, da seguinte forma:

- 1 - Subrotina geradora de números aleatórios.
- 2 - Subrotina geradora de valores para distribuição / gama.
- 3 - Programa principal.

No programa principal, entra-se com um único cartão de dados, o qual contém, no formato especificado no programa, as seguintes variáveis:

CR, CM, AA, AB, NB, IR, IS

onde:

CR = Custo horário dos reparadores

CM = Custo horário de máquina parada.

AA = Parâmetro α da distribuição gama correspondente / ao tempo entre falhas.

AB = Parâmetro α da distribuição gama correspondente ao tempo de atendimento aos equipamentos.

NB = Número de falhas simuladas dos equipamentos (Número de passagens da simulação).

IR = Parâmetro K da distribuição gama correspondente aos tempos entre falhas.

IS = Parâmetro K da distribuição gama correspondente / aos tempos de atendimento aos equipamentos.

Considerando-se os custos (estimados):

$$CM = 158,00 \text{ CR\$/h}$$

$$CR = 3,50 \text{ CR\$/h}$$

Entrando-se com os dados e os valores obtidos, no programa montado acima, obtém-se o custo de máquinas paradas e o custo dos reparadores ociosos, no período de tempo considerado. O número ótimo será determinado pelo custo mínimo. Neste caso o número ótimo de reparadores será / dois.

B - QUALIFICAÇÃO DO PESSOAL DA MANUTENÇÃO

A escolha do pessoal para trabalhos de manutenção está afeta a três níveis:

Pessoal de supervisão,
 Pessoal de reparo,
 Pessoal auxiliar.

B1 - PESSOAL DE SUPERVISÃO

O cargo de supervisor é altamente complexo e exige uma gama de qualidades que vão desde o conhecimento técnico profundo dos equipamentos, até o relacionamento habilidoso com as pessoas, sejam da direção da empresa ou sejam subordinados diretos, dos quais necessita obter cooperação, para que os objetivos pretendidos sejam realmente alcançados.

O supervisor deve poder visualizar qual a maneira correta de se executar cada operação da manutenção e saber avaliar a necessidade de conhecimento especializado por parte dos elementos aos quais serão atribuídos trabalhos específicos.

Deverá ainda entender de procedimentos de planejamento/ e controle, de modo que partindo do planejamento a longo prazo da manutenção, possa dividir as tarefas a serem executadas em cada dia de atividade.

O supervisor deverá assegurar-se de que todos os trabalhos de manutenção a serem realizados, quer sejam de inspeção, ou quer sejam de reparo, estejam acompanhados da ordem respectiva. Isso facilitará a apuração de responsabilidades, pois sempre que ocorrer problemas de falhas de equipamentos o supervisor poderá ser alvo de culpa, mas sabendo que o serviço foi executado de maneira adequada, nada deverá temer.

O supervisor é quem deve relacionar quais os itens dos / equipamentos deverão sofrer inspeções.

Para que o supervisor possa atribuir as tarefas que exijam maior conhecimento aos operários de manutenção mais qualificados, é importante que ele os conheça bem.

A eficiência do supervisor depende do conhecimento: do serviço, de seu pessoal e de outras pessoas com as quais deva trabalhar. Deve principalmente utilizar o bom senso para decisões a ele afetas.

B2 - PESSOAL DE REPARO

O pessoal de reparo de falhas de equipamentos, estará / diretamente envolvido com reposição de peças, para isso devem ser elementos com conhecimento dos equipamentos aos quais darão assistência.

Quando a empresa adquire equipamentos novos, diferentes do existentes, deve proporcionar cursos de treinamento, junto a empresa fabricante dos equipamentos, ou por ela indicados, pois, quando houver necessidade de reposição de alguma peça em tais equipamentos, o encarregado de fazer tal trabalho deverá conhecer a fundo os equipamentos.

B3 - PESSOAL AUXILIAR

Como pessoal auxiliar pode-se considerar o pessoal não especializado na manutenção, os quais podem desempenhar funções de lubrificação ou então de limpeza de equipamentos.

Há indústrias que escolhem o pessoal não especializado na fábrica, para as funções elementares da manutenção e os levam por promoções e treinamento a posições mais especializadas. A escolha neste caso deverá ser feita por elemento que esteja em contato permanente com os operários, afim de poder aquilatar a capacidade e o grau de interesse dos indivíduos.

C - TREINAMENTO DO PESSOAL

O treinamento do pessoal deve atender às necessidades de cada indústria em particular e por isso varia muito de uma para outra, sendo possível apenas prescrever normas gerais para treinamento do pessoal da manutenção.

A empresa poderá ministrar cursos de treinamento para o pessoal especializado, em novos equipamentos ou novos instrumentais adquiridos, de maneira a manter o nível de conhecimento do pessoal da manutenção, / em relação aos novos equipamentos adquiridos, o melhor possível.

Uma outra forma de treinamento pode ser dada ao pessoal semi-especializado e não especializado da manutenção no que tange à escolha / e seleção do grupo de lubrificadores.

Esse pessoal deverá conhecer os diversos tipos de graxas e óleos lubrificantes utilizados na fábrica, bem como pontos a lubrificar e a frequência da / lubrificação.

Normalmente, o treinamento do pessoal da manutenção é feito com maior intensidade quando a fábrica trabalha com equipamentos que devam ser rapidamente substituídos por obsolescência técnica. Agindo dessa forma, se permitirá que o pessoal da manutenção esteja continuamente atualizado. Tal atualização normalmente é realizada na fábrica dos equipamentos, a qual ministra cursos afim de mostrar como podem ser melhor mantidos os equipamentos e sobretudo como ter acesso às diversas peças dos equipamentos.

Em grandes indústrias, o que ocorre é que um elemento é destacado para cada grupo na fábrica dos equipamentos novos adquiridos. Na volta desse curso, esse elemento ministra aos mecânicos, os cursos de atualização que teve. Não é ensinado como substituir as peças, pois isso normalmente é de conhecimento dos mecânicos, mas sim como desmontar certos equipamentos, além de familiarizar os mecânicos na detecção de anomalias dos equipamentos.

Quando se deseja formar uma equipe de manutenção, a necessidade de treinamento prévio, teórico e prático, pode ser considerada como de extrema importância.

4.2 - PLANEJAMENTO E INTENSIDADE DE TRABALHO

A intensidade dos trabalhos de manutenção está diretamente vinculada: ao estado dos equipamentos, a quantidade dos mesmos, além da vida útil das peças componentes.

Dessa maneira a quantidade de trabalho para manutenção será tanto maior, quanto mais severas as condições de trabalho; a frequência das inspeções dos equipamentos, será tanto maior, quanto mais velhos, mais caros e mais mal conservados forem os mesmos e também quanto mais estreitas as tolerâncias de trabalhos dos equipamentos.

4.3 - AÇÃO DO SETOR DE PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO

A ação do setor de planejamento de manutenção de uma empresa, dependerá do porte e da complexidade da mesma.

4.3.1 - PLANEJAMENTO NAS PEQUENAS EMPRESAS

No caso de pequenas empresas, todo trabalho de planejamento e programação da manutenção poderá ser feito por um único elemento, o qual seria também o supervisor do serviço.

4.3.2 - PLANEJAMENTO NAS MÉDIAS E GRANDES EMPRESAS

Nas médias e grandes empresas são utilizados grupos especiais, cujo número de integrantes pode variar, para planejar e programar/trabalhos de manutenção sob orientação de um supervisor. O elemento de supervisão deverá ter experiência em métodos de trabalho, afim de coordenar a programação para vários elementos da manutenção.

Normalmente, para melhor utilização da mão de obra no planejamento da manutenção, deve-se atender às seguintes rotinas básicas:

A - PRIMEIRA ROTINA

Obter a aprovação do escalão superior da organização, quando os planos de manutenção não são os rotineiros, mas sim reparos especiais. Os mesmos exigem normalmente, a aprovação do escalão superior, onde se verificará se é vantajosa a realização de tais reparos ou se é mais econômico para a empresa substituir tal equipamento por um novo.

B - SEGUNDA ROTINA

É a de estabelecer informações seguras a respeito/dos equipamentos, no que tange: aos registros, ordens de inspeção e trabalhos de reposição de peças, além de informações sobre a programação da produção.

Essa última, para saber-se quais os períodos em que a produção diminui, ou para, afim de poder realizar-se a manutenção dos equipamentos.

4.4 - PLANEJAMENTO A LONGO PRAZO

O planejamento a longo prazo, visa "...providenciar as bases para uma força de manutenção estabilizada e arranjar os trabalhos maiores, de maneira que os picos de carga da manutenção preventiva não se desenvolvam dentro de emergências¹⁸".

Sempre que possível, no planejamento a longo prazo, deve-se estabelecer padrões de manutenção, afim de elaborar um programa para todos os equipamentos e instalações.

O plano a longo prazo, é também conhecido como plano mestre. Para montagem de tal plano, há necessidade da consulta aos registros dos equipamentos, onde se poderá verificar quais as peças que são críticas para / cada equipamento e em função das mesmas, se fará um plano de manutenção.

Para uma melhor flexibilidade, o plano mestre poderá ser desdobrado em planos menores: mensais, semanais e diários.

Existem trabalhos que podem ser planejados com antecedência: são inspeções e lubrificações de rotina. Existe uma segunda classe / de trabalhos, cuja realização pode variar com certas condições, mas que são realizados dentro de tempos determinados, é o caso da reposição preventiva / de peças dos equipamentos. Há uma terceira categoria, que são os trabalhos / de emergência, os quais não se pode prever a ocorrência, sabe-se no entanto que quanto maior a quantidade de manutenção preventiva, menor a quantidade / de reparos de emergência necessários.

Para melhor visualização do plano mestre, pode-se adotar um quadro de parede onde se reúnem as informações sobre o andamento dos trabalhos a serem realizados em cada mes ou cada semana.

Normalmente o plano mestre constitui-se num meio de informação para a manutenção, de modo a mante-la estabilizada e bem balanceada, isso é, procurando evitar picos de carga de trabalhos para manutenção.

4.5 - PLANEJAMENTO DIÁRIO DOS TRABALHOS DE MANUTENÇÃO

O planejamento diário, da distribuição dos trabalhos , deverá sempre ser pensado na véspera ao dia da execução dos mesmos. De maneira a poder distribuir as ordens de inspeção ou de serviço e dessa maneira , na manhã seguinte, não haver confusão na distribuição das ordens, nem perda de tempo.

O planejamento diário é tirado do plano mestre de maneira a cumprir o planejamento a longo prazo.

Caso haja necessidade da manutenção de emergência, deve-se realizá-la, sem no entanto impedir o posterior cumprimento das tarefas / especificadas pelo planejamento.

Quando não for possível, por qualquer motivo, a distribuição de ordens de inspeção ou reparos preventivos na véspera, o mesmo poderá ser feito no dia da execução dos mesmos, no entanto deve-se ter o cuidado de verificar a ordem de precedência dos trabalhos.

4.6 - PASSOS PARA ESTABELECIMENTO DE UMA PROGRAMAÇÃO DE MANUTENÇÃO

Para estabelecimento de uma programação de manutenção é necessário seguir-se determinados passos de maneira que, em cada estágio da programação, se tenham as informações necessárias à mão e não haja necessidade de buscar dados espalhados, o que consumiria muito tempo.

4.6.1- PRIMEIRO PASSO

Como primeiro passo na programação da manutenção, pode-se caracterizar a acumulação de informações sobre os equipamentos, a qual será feita nas respectivas fichas. Daí a necessidade das mesmas estarem atualizadas, pois a programação terá como base as informações registradas nas fichas dos equipamentos. As informações a serem acumuladas são as seguintes:

A - TEMPO DE OPERAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS

É o tempo em que as máquinas permanecem trabalhando, entre duas paradas sucessivas da manutenção, seja ela preventiva, ou corretiva. Tal tempo normalmente é registrado em horas de funcionamento e é obtido pela leitura de acumuladores de tempo colocados junto aos equipamentos, ou então, pelos registros dos tempos em que um dado equipamento permanece operando; verificação feita nas várias ordens de produção. Nesse caso, se não for transcrito tal

tempo para a ficha, haverá depois o trabalho da ve rificação desse tempo de operação nas ordens u. de produção. Esse fato pode ser contornado se, para cada máquina houver uma pasta para as ordens de produção.

**B - TEMPO DE ESPERA PARA ATENDIMENTO
AOS EQUIPAMENTOS**

É o espaço de tempo verificado desde o momento em que uma máquina falha e como consequência para, até o momento em que a mesma receba atendimento de manutenção.

C - TEMPO DE ATENDIMENTO AOS EQUIPAMENTOS

É o tempo em que os equipamentos permanecem para - dos sendo atendidos pelo pessoal da manutenção. / Tal tempo inicia no momento em que o elemento da manutenção começa o reparo do equipamento e ter - mina no momento em que o mesmo é concluído.

D - DESCRIÇÃO DAS FALHAS

Nos relatórios de inspeção de falhas, sempre deve - rá haver uma descrição sucinta das falhas ocorri - das e se transcreverá para ficha do equipamento / respectivo o tipo de falha ocorrida (desgaste, quebra etc.).

Tal medida será bastante útil na determinação das / peças críticas de cada equipamento.

E - O QUE FOI FEITO PARA REPARAR A FALHA

Deverá acumular-se informações sobre cada componen - te de equipamento atendido, a respeito do que foi feito para reparar a falha, isso é, se o componente foi recuperado, substituído, ou então ajustado.

4.6.2 - SEGUNDO PASSO

O segundo passo na programação da manutenção consta da análise das informações coletadas, no passo anterior.

Determina-se o tipo de distribuição probabilística que seguem as falhas de cada peça dos equipamentos, o que é feito a partir do tempo de vida das peças.

A partir da determinação da distribuição probabilística das falhas, poderá planejar-se a reposição preventiva de cada peça dos equipamentos, em função do custo mínimo.

O estoque de peças de reposição para os equipamentos, pode ser dimensionado em função da previsão da quantidade de peças a serem substituídas num determinado período de tempo.

4.6.3 - TERCEIRO PASSO

Nesta fase da programação, deve-se determinar que equipamentos devem ser inspecionados, ou ter peças substituídas, e quando deverá ser feita tal inspeção ou reposição.

4.7 - IMPLANTAÇÃO DOS PROGRAMAS DE MANUTENÇÃO

Depois de elaborados os programas de manutenção, deve haver a implantação experimental dos programas e o treinamento do pessoal da manutenção.

A finalidade do treinamento é a de verificar se o programa foi corretamente entendido em todos os níveis dentro da empresa.

Será explicado ao pessoal da manutenção o funcionamento das ordens de inspeção e de serviço, como as mesmas serão preenchidas e qual o destino das mesmas após a realização dos trabalhos.

O pessoal da manutenção será alertado sobre a forma da distribuição das ordens de inspeção e de serviço e como deverão proceder / após a execução de cada serviço.

Será explicado ao pessoal da manutenção, se for necessário, como são numerados os setores da fábrica, assim como os equipamentos, de maneira que o pessoal saiba localizar rapidamente os equipamentos. Para isso o número de cada equipamento deverá ser pintado em lugar perfeitamente visível.

Deverá ainda ser explicado ao pessoal o procedimento / para retirar ferramentas e peças dos almoxarifados.

A medida que o programa for desenvolvido, fazem-se as alterações julgadas necessárias, de maneira que, após algum tempo, o programa esteja perfeitamente entendido e possa ser desencadeado efetivamente, após corrigidas as deficiências, isso é, restringido ou complementado, conforme o que for observado na implantação experimental.

4.8 - AVALIAÇÃO DOS PROGRAMAS DE MANUTENÇÃO

Depois de implantado, seja experimental, ou definitivamente, deve-se avaliar o programa de manutenção, afim de verificar se o mesmo está de acordo aos níveis para que foi planejado e, se houver variação dos níveis, a que causas se pode atribuir tal variação.

Na implantação experimental de um programa de manutenção procura-se avaliar como o mesmo está sendo desenvolvido, afim de corrigir distorções. Simultaneamente com a implantação experimental é iniciado o treinamento do pessoal da manutenção e todos aqueles elementos que poderão estar indiretamente envolvidos com tal programa. Uma vez sanados os pequenos problemas, verifica-se então a conveniência de aplicar à toda fábrica / tal sistemática de manutenção.

Mesmo após implantados definitivamente, os programas / de manutenção devem ser continuamente avaliados. Paralelamente deverá ser verificado se os métodos e procedimentos em uso continuam eficientes ou se há métodos melhores que possam ser adotados.

Deverá ser feita uma revisão periódica nas rotinas de manutenção preventiva para verificar: se todas as tarefas de manutenção que tem necessidade de prevenção, estão programadas; se está em prática o sistema de ordens de inspeção e de serviço para realização de qualquer trabalho / de manutenção; se existem padrões de tempo para as operações a serem realizadas e se existem fichas registro para cada equipamento. Além disso faz-se

a verificação de qual a quantidade de manutenção é programada e qual não é programada. Verifica-se ainda se há necessidade de aumentar ou diminuir, a quantidade de pessoal utilizado na inspeção ou substituição de peças.

Outras informações importantes que devem ser verificadas na avaliação de um programa de manutenção é se estão sendo feitas todas inspeções programadas, se o tempo estipulado permite que se faça todas inspeções ou se é necessário um novo estudo de tempos.

Verifica-se ainda se todos os equipamentos estão sendo atendidos pelo programa de manutenção.

Após observados todos os itens, o encarregado da avaliação do programa de manutenção verificará as fichas no arquivo do departamento de manutenção e observará se as fichas estão sendo corretamente preenchidas.

Logo após deverá ser feito um relatório à chefia da manutenção com as recomendações necessárias para melhorar o programa, quando isto for necessário.

5 - CONTROLE DO ANDAMENTO DOS TRABALHOS DE MANUTENÇÃO

O controle do andamento dos trabalhos de manutenção, pode rá ser feito dentre outras maneiras, por:

Quadros de controle,
Gráficos de controle,
Controle por PERT-CPM

5.1 - QUADROS DE CONTROLE

Nos quadros de controle de manutenção, visa-se mostrar o andamento dos trabalhos de manutenção.

Um quadro de controle típico é o mostrado no Quadro 14.

Tal quadro apresenta na sua parte superior uma escala de datas. Na parte esquerda há espaço para listar os equipamentos que serão / atendidos pela manutenção. Caso a indústria tenha muitos equipamentos, amenta-se o número de quadros, para tantos quantos necessários.

Apoiada na parte superior do quadro desliza uma régua, com a qual se faz o acompanhamento dos trabalhos, colocando-a sempre no número / da escala correspondente ao dia do mes, ou semana, conforme a escala de da-tas escolhida. Tal posicionamento mostrará os trabalhos que estão sendo realizados naquele dia; os colocados a esquerda evidenciarão que tais trabalhos foram realizados e os colocados a direita serão os trabalhos a executar.

O quadro de controle funciona da seguinte forma: verifi-cando as datas para realização dos serviços para o próximo mês (se a escala/ de datas for mensal), observa-se a precedência entre eles e elege-se uma escala de cores para determinar a prioridade dos trabalhos. Depois, coloca-se/ no quadro, para cada máquina que deverá ser atendida, um cartão no lugar correspondente. Os cartões terão a cor correspondente a prioridade de tal tra-balho, em relação aos outros do mesmo dia.

Ao fim de cada dia, os trabalhos que não puderem ser realizados naquele dia, apesar de estarem programados deverão ter seu cartão / correspondente trocado por outro, de cor especial elegida para trabalhos em atraso, os quais terão prioridade para sua realização no dia seguinte.

Quando um trabalho de manutenção durar vários dias, coloca-se o cartão de cor correspondente a prioridade, nos respectivos dias de duração de tal trabalho, na linha referida a tal equipamento.

Os serviços de manutenção normais nas indústrias, raramente duram mais que um dia, salvo em casos de recuperação de equipamentos.

Quadros desse tipo poderão ser construídos, para mostrar o desenvolvimento dos trabalhos mensal, semanal ou diariamente, conforme a necessidade.

Uma vez montado tal tipo de Quadro de Controle, o mesmo deverá ser mantido organizado e atualizado, para que se possa controlar de fato o andamento dos trabalhos.

Quando se notar que estão acontecendo muitos cartões representando serviços em atraso deve-se verificar se tal fato não é devido a insuficiência de quantidade ou de qualidade do pessoal da manutenção.

5.2 - GRÁFICOS DE CONTROLE

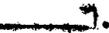
Da mesma maneira que nos Quadros de Controle, relacionam-se na vertical do gráfico, os equipamentos sujeitos a manutenção e na horizontal representa-se uma escala de tempos.

Um gráfico possível de ser construído é o de GANTT.

A vantagem do gráfico de GANTT, em relação ao Quadro de Controle, é a de mostrar rapidamente o relacionamento existente entre as diversas variáveis. Um tipo de gráfico que pode ser utilizado na manutenção é o apresentado no Quadro 15.

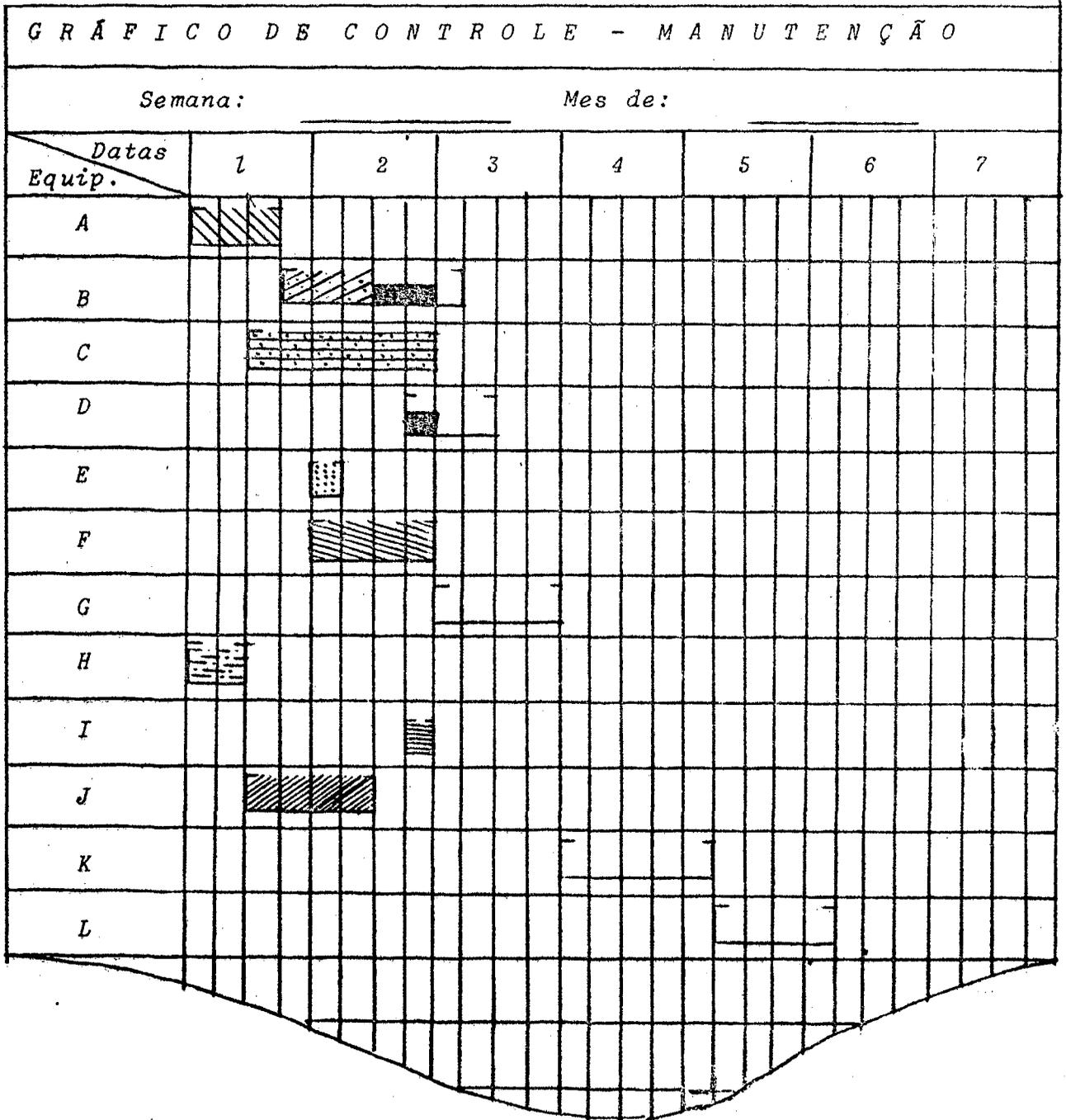
Como na grande maioria os trabalhos de manutenção numa fábrica duram menos que oito horas, é possível construir um gráfico com uma escala horária.

O símbolo  indica a hora em que um dado trabalho/programado deva ter início. A medida que os trabalhos são realizados, eles são representados por uma barra cheia, desde o início da operação até onde tenha sido realizado o trabalho.

Da mesma maneira o término programado de um trabalho é representado por um símbolo .

Para o controle dos trabalhos, com esse tipo de gráfico, não se tem necessidade de uso de régua, pois baixando-se uma vertical na

QUADRO 15 - Gráfico de GANTT para controle da manutenção



hora atual pode-se saber exatamente como vai indo determinado trabalho.

Como nos Quadros de Controle, também neste caso, pode-se / eleger um código de cores, conforme a prioridade entre os trabalhos.

Observando-se o quadro 15, pode-se notar que o mesmo foi estruturado para acompanhamento semanal dos trabalhos, como poderia ser estruturado para acompanhamento mensal, se assim fosse desejado. Cada dia de trabalho foi dividido em quatro períodos, mas poderia ser dividido em qual-quer outro número de partes.

Caso não tenha sido possível concluir a programação de um trabalho para data atual. Representa-se essa parte que estará em atraso, traçando metade da barra na parte correspondente ao atraso no gráfico, com uma/ cor especial que represente os trabalhos em atraso.

Observando-se ainda o gráfico do quadro 16, nota-se que no primeiro dia de trabalho relacionado no gráfico, o trabalho de manutenção do equipamento J foi iniciado com atraso, no entanto tal trabalho foi comple-tado no tempo programado no dia seguinte. Observando o segundo dia no grã-fico, nota-se que o trabalho de manutenção do equipamento D não pode ser iniciado, o do equipamento C sofreu atraso em relação ao tempo programado e o do equipamento B teve um atraso na programação prevista. Para o terceiro dia os trabalhos B e D deverão ter prioridade para execução pois os mesmos / estão em atraso com referência a programação.

Quando se notar que a cor atribuída a trabalhos realizados com atraso começa a aparecer cada vez mais freqüentemente, deve-se verificar a causa de tal ocorrência.

5.3 - CONTROLE POR PERT-CPM

Uma outra forma de controlar o desenvolvimento dos traba-lhos é através do PERT-CPM.

Para isso, primeiramente monta-se uma rede de atividades/ em função dos trabalhos que devam ser realizados e da interdependência entre eles.

A interdependência entre os trabalhos pode ser considera-da aqui como sendo a ordem de precedência entre os diversos trabalhos.

Uma vez determinadas as atividades, as quais seriam os trabalhos de manutenção, estimam-se os tempos para conclusão das mesmas.

O tempo para realizar uma atividade é composto de: tempo otimista, tempo normal e um tempo pessimista para realização de cada trabalho.

A partir da estimativa dos tempos para cada atividade, / pode-se determinar o tempo total de execução da rede, bem como o caminho / crítico.

Listando-se as datas de início e término de cada atividade, pode-se verificar o andamento dos mesmos e com isso aumentar a intensidade de esforço sobre as atividades em atraso, afim de concluir as mesmas na época programada.

6 - CUSTO DA MANUTENÇÃO

Para determinação de uma política de reposição de componentes há necessidade da determinação de custos.

Uma prática comum para levantar custos é a da divisão da empresa em centros de custo.

"A técnica de departamentalizar uma empresa em centros / acumuladores de despesas, é o que denomina-se hoje de custeamento por res - ponsabilidade. É necessário que se dividam as atividades da organização, em centros específicos, para melhor identificação de: responsabilidades, auto - ridade, despesas, objetivos e metas. Esse procedimento permitirá o controle dos gastos e das realizações pelos próprios responsáveis. Cada um dos ór - gãos assim dividido, é dotado de personalidade contábil e estabelece a pre - visão dos gastos de cada objetivo que lhe é atribuído¹⁹".

Após a divisão da empresa em centros de custo, deverá / haver uma perfeita identificação dos equipamentos, bem como das peças com - ponentes de cada um dos mesmos, afim de possibilitar uma correta apro - priação de custos.

Aos centros acumuladores de custo, caberá a res - ponsabili - dade de determinar, além de outras funções:

Custo da manutenção preventiva e
Custo da manutenção de emergência.

6.1 - CUSTO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA PARA CADA TIPO DE PEÇA DE UM EQUIPAMENTO

O custo da manutenção preventiva, levantado para cada ti - po de peça, é normalmente constituído dos seguintes itens:

Custo de inspeção.
Custo de supervisão.
Custo de mão de obra de reposição de peças.
Custo das peças.
Custo de planejamento da manutenção.
Custo de investimento em aparelhos de inspeção.
Custo de ociosidade dos operadores dos equipamentos.
Custo de coletar informações da manutenção.

Custo de "overhead".

Custo de não produzir.

Custo de ferramentas para manutenção.

6.1.1 - CUSTO DE INSPEÇÃO

É o custo que se incorre para inspecionar peças dos equipamentos, em busca de possíveis falhas.

Normalmente tal custo é obtido pelo quociente entre: o total de salários e encargos sociais pagos aos inspetores das peças dos equipamentos, pelo total do tempo gasto para inspecionar tais peças. Determina-se assim um custo de inspeção por unidade de tempo.

O custo para inspecionar cada peça será dado pelo produto: do custo de inspeção por unidade de tempo pelo tempo gasto na inspeção de cada peça.

6.1.2 - CUSTO DE SUPERVISÃO

É o custo relativo a utilização de supervisores para verificar a qualidade dos trabalhos de manutenção.

O custo de supervisão por unidade de tempo é obtido pelo quociente entre: o total de salários e encargos sociais pagos aos supervisores de manutenção, pelo tempo gasto na supervisão dos trabalhos de manutenção.

O custo para supervisionar o serviço de reposição de cada peça será dado pelo produto: do tempo gasto na supervisão de cada peça, pelo custo de supervisão por unidade de tempo.

6.1.3 - CUSTO DE MÃO DE OBRA DE REPOSIÇÃO DE PEÇAS

É o custo relativo ao tempo empregado pelos reparadores para substituir cada peça falha ou em vias de falhar nos equipamentos.

O custo para reposição de cada peça é dado pelo produto: do custo da mão de obra por unidade de tempo, pelo tempo gasto na reposição de cada peça.

6.1.4 - CUSTO DAS PEÇAS

É o custo relativo a cada peça de reposição. Pode ser determinado conforme a política de estoque de peças da empresa, isso é, poderá ser o custo médio das peças daquele tipo em estoque, ou então o custo da primeira peça a entrar no estoque, ou então o custo da última a entrar / no estoque.

6.1.5 - CUSTO DE PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO

É o custo de salários e encargos sociais dos elementos do planejamento e programação da manutenção, acrescido dos materiais utilizados pelos mesmos na elaboração de tal planejamento. Tal custo poderá ser obtido através de uma taxa horária dada pelo quociente entre o custo da seção de planejamento e programação pelo número de horas gastas num planejamento e programação; ou então pode-se obter o custo de planejamento por peça, que é dado pelo quociente entre o custo total da seção de planejamento pelo número de peças que deverão ser substituídas naquele planejamento.

6.1.6 - CUSTO DE INVESTIMENTO EM APARELHOS DE INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO

Quando nas inspeções forem utilizados equipamentos especiais, deve-se incluir o preço dos mesmos no custo total da manutenção. Nesse caso procura-se saber a vida útil de tais equipamentos para obter-se o custo anual. Para obter-se o custo horário dos aparelhos de inspeção, divide-se o custo anual do investimento em tais equipamentos pelo número de

horas de inspeções programadas em um ano.

O custo por peça, de equipamentos para inspeção é dado pelo produto entre: o tempo de duração de uma inspeção, pelo custo horário/ dos aparelhos de inspeção.

6.1.7 - CUSTO DE OCIOSIDADE DOS OPERADORES DOS EQUIPAMENTOS

No caso de haver um operador para cada equipamento, enquanto o equipamento estiver sendo atendido pela manutenção, o operador ficará ocioso e o custo de ociosidade do operador será proporcional ao tempo de parada do equipamento.

No caso de um operador atender a mais de um equipamento. Haverá um custo horário de atendimento para cada um dos equipamentos. / Se um desses equipamentos estiver sendo atendido pela manutenção, o custo de ociosidade do operador, relativo a tal equipamento será proporcional ao tempo de parada do equipamento.

6.1.8 - CUSTO DE COLETAR INFORMAÇÕES DA MANUTENÇÃO

Num sistema de manutenção organizado sempre haverá custo para coletar informações. Tal custo será devido a necessidade de haver / pessoal para controle e processamento de fichas de equipamentos e ordens de inspeções ou reparos, além de custo de materiais empregados.

Pode-se determinar tal custo numa taxa horária dividindo-se o custo anual de tal seção, pelo número de horas trabalhadas em igual período na mesma seção.

O custo por peça seria dado pelo produto entre o tempo gasto para elaboração de ordens de inspeções, ordens de serviço, processamento de ficha de equipamento etc., referente a mesma peça, pelo custo horário de tal seção.

6.1.9 - CUSTO DE "OVERHEAD"

Inclui-se neste item, o custo do tempo que a administração da empresa dispende considerando problemas relativos à manutenção. Esse custo poderá ser imputado estimando-se o tempo gasto pela administração num certo planejamento. Tal tempo corresponde a um custo que dividido pelo número de peças atendidas pela manutenção, dará o custo de "overhead" por peça.

6.1.10 - CUSTO DE NÃO PRODUZIR

Tal custo poderia ser chamado de custo de ociosidade / do equipamento. É o custo relativo ao não funcionamento de um equipamento, enquanto o mesmo está sob reparo. Tal custo pode ocorrer em duas situações:

A - Máquinas que operam vinte e quatro horas por dia.

Nesse caso, a qualquer momento que uma máquina parar para reparo de emergência, a mesma incorre / num custo, proporcional ao tempo de parada.

B - Máquinas que operam menos que vinte e quatro ho - ras por dia.

Nesse caso, se as máquinas sofrerem parada dentro do período de trabalho da fábrica, incorre-se / num custo de não produzir, em caso contrário quan do a programação é feita para horários fora do funcionamento de tais equipamentos, não ocorrerão tais custos. O custo por peça será dado pelo quo ciente entre o custo de não produzir considerando um período de planejamento, pelo número de peças a serem atendidas pela manutenção em igual período.

6.1.11 - CUSTO DE FERRAMENTAS PARA MANUTENÇÃO

Tal custo refere-se ao preço do ferramental e outros materiais utilizados pela manutenção. Considerando-se um certo período de vida útil de tais ferramentas, determina-se um custo horário de utilização das ferramentas. O custo por peça devido a utilização de ferramentas/será dado pelo produto entre o custo horário de utilização das ferramentas pelo tempo gasto em cada peça, para reposição da mesma.

6.2 - CUSTO DA MANUTENÇÃO CORRETIVA

Os custos da manutenção corretiva são normalmente constituídos dos seguintes itens:

Custo de supervisão.

Custo de mão de obra de reposição de peças.

Custo de ociosidade dos operadores dos equipamentos.

Custo de não produzir.

Custo de ferramentas para manutenção.

Custo das peças

Custo de peças que se danificam pela quebra de outras.

Custo de produtos sucataados.

Os dois últimos itens de custo da manutenção corretiva / não foram considerados na manutenção preventiva pois considera-se que em equipamentos que possa ocorrer tal fato se empregaria manutenção preventiva. Com a utilização de um percentual alto de prevenção de falhas, os custos dos dois últimos itens, poderiam ser tão baixos que não valeria a pena considerá-los.

Como os demais itens da manutenção já foram definidos anteriormente, definir-se-á apenas os dois últimos itens.

6.2.1 - CUSTO DAS PEÇAS QUE SE DANIFICAM PELA QUEBRA DE OUTRAS

Tal custo deverá ser levado em conta quando a quebra de uma peça danificar outras, as quais devam também ser substituídas. O custo aqui considerado deve ser o custo das demais peças substituídas, acrescido do custo de mão de obra para reposição e dos custos adicionais dos equipamentos.

6.2.2 - CUSTO DE PRODUTOS SUCATADOS

É o custo que ocorre quando um equipamento com falha, / aparente ou não, começa a produzir produtos os quais não são aceitos pelo controle de qualidade. Aqui poderão ocorrer duas situações:

A - Produto pode ser vendido com qualidade inferior:

Nesse caso a perda não será total, no entanto deverá verificar-se qual será a perda e a mesma imputada como custo de manutenção.

B - Produto pode ser vendido unicamente como sucata:

Nesse caso a perda será total e, subtraindo a receita proveniente de tal venda, do custo ocasionado por tal falha, se terá o custo de produtos sucatados.

6.3 - RELAÇÃO ENTRE CUSTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA E DE EMERGÊNCIA

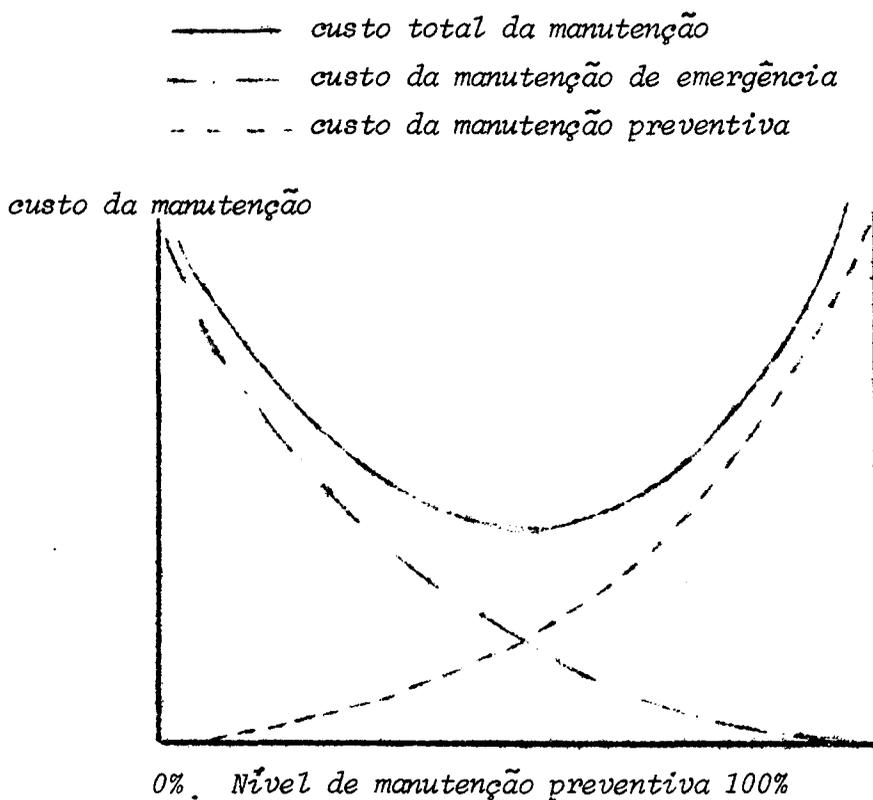
"Pode-se relacionar a manutenção preventiva e a de emergência em função do nível de manutenção preventiva que se adote e do custo referente a tal nível²⁰".

Por nível de manutenção preventiva de um componente entende-se o percentual de prevenção de falhas que se adote para tal componente.

O custo total da manutenção é resultante de uma composição de um custo de manutenção preventiva e corretiva.

Quanto maior for o nível da manutenção preventiva, maiores serão os custos da mesma e menores serão os custos da manutenção de emergência. Quanto menor for o nível da manutenção preventiva, menores serão os custos da mesma, no entanto os custos de manutenção de emergência serão maiores.

FIGURA 7 - Relação entre o custo da manutenção preventiva e de emergência



Na figura 7 representa-se o relacionamento entre o custo de manutenção corretiva e preventiva, mostrando que os custos de manutenção preventiva e corretiva são inversamente proporcionais. Pode-se notar / ainda que existe sempre um ponto onde o custo total da manutenção é mínimo.

6.4 - CONTROLE DE CUSTOS DE MANUTENÇÃO

Para que o controle de custo seja eficiente, é necessário não alocar qualquer custo de manutenção aos departamentos de operação, de modo a separar perfeitamente, os custos relativos a manutenção e operação.

Deve-se imputar para cada trabalho de manutenção, o custo de realização do mesmo, de modo a se poder determinar o custo da manutenção.

O controle de custos deve verificar, se os custos de manutenção estão dentro do orçamento previsto.

No caso de grandes trabalhos de manutenção, deve haver / sempre uma estimativa do custo de tais trabalhos, afim de se poder decidir / sobre a viabilidade dos mesmos.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- PRIMEIRA* - O levantamento do tempo entre falhas, bem como o controle dos registros das falhas dos componentes dos equipamentos, são vi-
tais para o estabelecimento de um bom programa de manutenção. Devido a esse fato deve-se contar com pessoal esclarecido e com-
petente no trabalho com as fichas e arquivos da manutenção, ca-
so contrário ruirá toda estrutura do planejamento da manutenção.
- SEGUNDA* - No levantamento do tempo entre falhas das peças dos equipamen-
tos, deve-se adotar unidades de tempo convenientes, conforme o
tempo de vida de tais componentes.
- TERCEIRA* - Para utilização efetiva deste estudo seria recomendável que em-
presa tivesse um sistema eficiente de custos. Todavia esta con-
dição não é fundamental pois pode-se programar a manutenção pre-
ventiva em função de um determinado percentual de falhas que se
queira prevenir.
- QUARTA* - Quando um equipamento possuir várias peças críticas, o levanta-
mento dos tempos de falhas das peças deverá ser feito indepen-
dentemente para cada uma, pois poderá haver interrelacionamento/
entre as funções densidade de probabilidade dos tempos de fa-
lhas das peças e caso se considere o equipamento como um todo,
isso poderá mascarar o comportamento de determinadas peças e
comprometer todo estudo.
- QUINTA* - Quando for difícil na empresa, a aplicação de um programa para
toda empresa, pode-se aplicar o mesmo para certos equipamentos
que sejam críticos para produção e/ou para segurança.

APENDICE 1

```

// JOB T
// FOR
*LIST SOURCE PROGRAM
C   SUBROTINA UTILIZADA PARA ORDENAÇÃO DOS
C   VALORES OBTIDOS NA SUBROTINA GAMA
   SUBROUTINE ORDE(SOM,R2,A2,ML1)
   DIMENSION SOM(20),R2,A2(20)
135 KK=0
    K1=ML1-1
    DO 130 K2=1,K1
    IF(SOM(K2)-SOM(K2+1))137,137,136
136 TEM=SOM(K2)
    SOM(K2)=SOM(K2+1)
    SOM(K2+1)=TEM
    TIM=R2(K2)
    R2(K2)=R2(K2+1)
    R2(K2+1)=TIM
    TAM=A2(K2)
    A2(K2)=A2(K2+1)
    A2(K2+)=TAM
    KK=1
130 CONTINUE
137 IF(KK)138,138,135
138 RETURN
    END

// DUP
*STORE      WS  UA  ORDE

// FOR
*LIST SOURCE PROGRAM
C   SUBROTINA PARA VERIFICAR SE A DISTRIBUIÇÃO
C   EM TESTE SE AJUSTA A UMA DISTRIBUIÇÃO NORMAL
   SUBROUTINE NORMO(NCLAS,AMED,DPAD,AK,TAMI,ALIMI,CUM,TAB,SOMA)
   DIMENSION AL(20),Z(20),TAB(320),E2(20),E1(20),RT(20),T(20),CUM(20)
   VALI=TAMI
   TAMI=0.
   ICLAS=NCLAS+1
   DO 63 I=1,ICLAS
   AL(I)=(ALIMI-0.5)+TAMI
   T(I)=ABS(100.*(AL(I)-AMED)/DPAD)
   Z(I)=IFIX(T(I))
   TAMI=VALI*FLOAT(I)
63 CONTINUE
   DO 65 I=1,ICLAS
   DO 65 J=1,320
   IF(IFIX(Z(I))-J)65,66,65
66 E1(I)=TAB(J)
65 CONTINUE
   DO 70 I=1,NCLAS
   E2(I)=ABS(E1(I+1)-E1(I))
   RT(I)=AK*E2(I)
70 CONTINUE
43 IF(CUM(NCLAS)-5.)45,46,46

```

```

45 NU=NCLAS-1
   RT(NU)=RT(NU)+RT(NCLAS)
   CUM(NU)=CUM(NU)+CUM(NCLAS)
   NCLAS=NU
   GO TO 43
46 DO 60 N=1,NCLAS
60 SOMA=SOMA+(CUM(N)-RT(N))**2/RT(N)
   RETURN
   END

// DUP
*STORE      WS  UA  NORMO

// FOR
*LIST SOURCE PROGRAM
C   SUBROTINA PARA VERIFICAR SE A DISTRIBUIÇÃO
C   EM TESTE SE AJUSTA A UMA GAMA
   SUBROUTINE GAMIJ(MCLAS,AF,AMED,AK,VAR,DUM,COMP,R2,A2,SOM,ML1)
   DIMENSION COMP(20),DUM(20),AF(20),FE(20)
   DIMENSION SOM(20),R2(20),A2(20)
C   DETERMINAÇÃO DOS VALORES EXTREMOS PARA OS PARAMETROS
C   A SEREM PESQUISADOS
   RR=(AMED**2)/VAR
   A3=AMED/VAR
   IR2=IFIX(RR+7.)
   IR1=IFIX(RR-7.)
   IF(IR1-0)21,21,22
21 IR1=1
C   CALCULO DA FUNÇÃO GAMA
22 DO 23 L=2,IR2
23 AF(L)=AF(L-1)*FLOAT(L-1)
   IA1=IFIX(A3-7.)
   IA2=IFIX(A3+7.)
   IF(IA1-0)24,24,25
24 IA1=1
25 IA4=IA2*10
C   PESQUISA DAS DISTRIBUIÇÕES QUE SE AJUSTAM
C   A DISTRIBUIÇÃO EM ESTUDO
   DO 30 I=IR1,IR2
   R=FLOAT(I)
   DO 30 J=IA1,IA4
   AA=FLOAT(J)
   A=AA/10.
   SOMA=0.
   NCLAS=MCLAS
   DO 30 K=1,NCLAS
   X=FLOAT(K)
   F=(A*(A*X)**(R-1)*EXP((-A)*X))/AF(I)
   FE(K)=F*AK
C   APLICAÇÃO DO TESTE DE ADERENCIA
   SOMA*SOMA+((DUM(K)-FE(K))**2)/FE(K)
   IF(K-NCLAS)30,29,29
29 NGL=NCLAS-1
   IF(SOMA-COMP(NGL))31,31,30
31 IF(SOMA)30,30,37
37 ML1=ML1+1
   SOM(ML1)=SOMA
   R2(ML1)=R
   A2(ML1)=A

```

```

30 CONTINUE
  RETURN
  END
// DUP
*STORE      WS  UA  GAMIU

// FOR
*LIST SOURCE PROGRAM
*IOCS(CARD,1132 PRINTER)
C  NL=NUMERO DE LINHAS DA MATRIZ DE DADOS
C  NC=NUMERO DE COLUNAS DA MATRIZ DE DADOS
C  NCLAS=NUMERO DE INTERVALOS CONSIDERADOS PARA
C  LIM1=LIMITE INFERIOR DOS INTERVALOS CONSIDERADOS
C  ITAMI=TAMANHO DO INTERVALO CONSIDERADO
C  COMP=VALORES DO QUIQUADRADO CONSIDERANDO ALFA=0.05
C  TAB=VALORES DA DISTRIBUICAO NORMAL REDUZIDA
C  R2=VALOR DO PARAMETRO R DA DISTRIBUICAO GAMA
C  A2=VALOR DO PARAMETRO ALFA DA DISTRIBUICAO GAMA
C  AMED=MEDIA DOS VALORES OBSERVADOS
C  DPAD=DESVIO PADRAO DOS VALORES OBSERVADOS
C  DIMENSION IVAL(15,30),CUM(20),COMP(20),T(20),AL(20),Z(20),E1(20)
C  DIMENSION TAB(320),E2(20),RT(20),SOM(20),R2(20),A2(20)
C  DIMENSION AF(20),FE(20),DUM(20)
C  IMPRESSAO DO CABECALHO
C  WRITE(3,201)
C  LEITURA DE DADOS
C  READ(2,109)NL,NC,NCLAS,LIM1,ITAMI
C  MCLAS=NCLAS
C  ZERAR ACUMULADORES
C  K=0
C  ASOMA=0.
C  BSOMA=0.
C  DO 10 I=1,NL
C  DO 10 J=1,NC
10  IVAL(I,J)=0
C  DO 11 I=1,NCLAS
C  DUM(I)=0.
11  CUM(I)=0.
C  DO 12 N=1,20
C  R2(N)=0.
C  A2(N)=0.
12  SOM(N)=0.
C  DO 13 I=1,20
C  AL(I)=0.
C  Z(I)=0.
C  E2(I)=0.
C  E1(I)=0.
C  CUM(I)=0.
C  T(I)=0.
C  RT(I)=0.
C  AF(I)=0.
C  FE(I)=0.
13  COMP(I)=0.
C  DO 14 J=1,320
14  TAB(J)=0.
C  READ(2,108)(COMP(L),L=1,20)
C  READ(2,110)(TAB(J),J=1,320)
C  SOMA=0.
C  ALIMI=FLOAT(LIM1)
C  TAMI=FLOAT(ITAMI)

```

```

AF(1)=1.
MLI=0
DO 30 I=1,NL
C LEITURA DA MATRIZ DE TEMPOS ENTRE FALHAS
  READ(2,31)(IVAL(I,J),J=1,NC)
30 CONTINUE
C IMPRESSAO DA MATRIZ DE TEMPOS ENTRE FALHAS
  DO 49 I=1,NL
    WRITE(3,221)(IVAL(I,J),J=1,NC)
49 CONTINUE
  DO 33 I=1,NL
  DO 33 J=1,NC
  IF(IVAL(I,J)-0)34,34,32
32 ICLAS=(IVAL(I,J)-LIMI)/ITAMI
  ICLA=ICLAS+1
C CALCULO DA FREQUENCIA ENTRE FALHAS OBSERVADAS
  CUM(ICLA)=CUM(ICLA)+1.
  DUM(ICLA)=DUM(ICLA)+1.
  ASOMA=ASOMA+FLOAT(IVAL(I,J))
  BSOMA=BSOMA+FLOAT(IVAL(I,J)**2)
33 K=K+1
34 AK=FLOAT(K)
C DETERMINACAO DA MEDIA E VARIANCA
  AMED=ASOMA/AK
  VAR=(AK*BSOMA)-(ASOMA**2))/(AK*(AK-1.))
  DPAD=SQRT(VAR)
  WRITE(3,211)
  DO 41 I=1,NCLAS
41 WRITE(3,143)I,CUM(I)
  CALL NORMO(NCLAS,AMED,DPAD,AK,TAMI;ALIMI,CUM,TAB,SOMA)
  NGL=NCLAS-1
  IF(SOMA-COMP(NGL))61,61,62
61 WRITE(3,112)AMED,DPAD
  GO TO 888
62 WRITE(3,113)
  CALL GAMIU(MCLAS,AF,AMED,AK,VAR,DUM,COMP,R2,A2,SOM,ML1)
  IF(MLI-1)91,93,95
95 CALL ORDE(SOM,R2,A2,ML1)
93 WRITE(3,103)R2(1),A2(1)
  GO TO 888
91 WRITE(3,98)
31 FORMAT(1814)
98 FORMAT(1H1,///,5X,'A DISTRIBUICAO EM ESTUDO NAO',/,10X,'SE AJUSTA
  1A UMA DISTRIBUICAO',/,10X,'GAMA')
103 FORMAT(1H1,///,10X,'A DISTRIBUICAO EM ESTUDO SE',/,10X,'AJUSTA A U
  1MA DISTRIBUICAO',//,15X,' N O R M A L ',//,10X,'PARAMETROS',//,10X
  2,'MEDIA',8X,F7.2,/,10X,'DESVIO PADRAO',F7.2)
108 FORMAT(10F7,4,/,10F7.4)
109 FORMAT(515)
110 FORMAT(6X,12F6.4,/,23(13F6.4,/,),9F6.4)
112 FORMAT(1H1,///,10X,'A DISTRIBUICAO EM ESTUDO SE',/,10X,'AJUSTA A U
  1MA DISTRIBUICAO',//,15X,' N O R M A L ',//,10X,'PARAMETROS',//,10X
  2,'MEDIA',8X,F7.2,/,10X,'DESVIO PADRAO',F7.2)
113 FORMAT(1H1,///,10X,'A DISTRIBUICAO EM ESTUDO NAO',/,10X,' SE AJUS
  1TA A UMA DISTRIBUICAO',/,10X,'NORMAL',/)
143 FORMAT(12X,I2,18X,F7.2,/)
201 FORMAT(1H1,//,28X,'MATRIZ DE DADOS',///)

```

```
211 FORMAT(1H1,10X,'CALCULO DAS FREQUENCIAS',/,21X,'ENTRE FALHAS',///'  
1'NUMERO DO INTERVALO',11X,'FREQUENCIAS',//)  
221 FORMAT(1X,1814,/)   
888 CALL EXIT  
    END  
// XEQ          1  
*LOCAL,ORDE,NORMO,GAMIU
```


CALCULO DAS FREQUENCIAS
ENTRE FALHAS

NUMERO DO INTERVALO	FREQUENCIAS
1	3.00
2	17.00
3	45.00
4	51.00
5	46.00
6	16.00
7	10.00
8	7.00
9	3.00
10	2.00

A DISTRIBUICAO EM ESTUDO NAO
SE AJUSTA A UMA DISTRIBUICAO
NORMAL

A DISTRIBUICAO EM ESTUDO SE
AJUSTA A UMA DISTRIBUICAO

G A M A

PARAMETROS

R= 5.00

ALFA=1.10

CALCULO DAS FREQUENCIAS
ENTRE FALHAS

NUMERO DO INTERVALO	FREQUENCIAS
1	36.00
2	55.00
3	47.00
4	30.00
5	18.00
6	8.00
7	4.00
8	2.00

A DISTRIBUICAO EM ESTUDO NAO
SE AJUSTA A UMA DISTRIBUICAO
NORMAL

A DISTRIBUICAO EM ESTUDO SE
AJUSTA A UMA DISTRIBUICAO

G A M A

PARAMETROS

R= 3.00

ALFA= 1.00

CALCULO DAS FREQUENCIAS ENTRE FALHAS	
NUMERO DO INTERVALO	FREQUENCIAS
1	6.00
2	18.00
3	23.00
4	20.00
5	14.00
6	9.00
7	5.00
8	3.00
9	2.00

A DISTRIBUICAO EM ESTUDO NAO
SE AJUSTA A UMA DISTRIBUICAO
NORMAL

A DISTRIBUICAO EM ESTUDO SE
AJUSTA A UMA DISTRIBUICAO

G A M A

PARAMETROS

R= 3.00

ALFA= 1.00

APENDICE 2

```
// JOB T
// FOR
*LIST SOURCE PROGRAM
*ONE WORD INTEGERS
*EXTENDED PRECISION
    SUBROUTINE EXPON(EX,RT)
C    SUBROTINA PARA GERACAO DE VALORES EXPONENCIALMENTE
C    DISTRIBUIDOS, OBTIDOS A PARTIR DE NUMEROS ALEATORIOS.
    COMMON IX
    CALL RANDU(IX,IY,PFL)
    RT=-EX*ALOG(PFL)
    RETURN
    END

// DUP
*STORE          WS   UA   EXPON
```

APENDICE 3

```
// JOB T
// FOR
*LIST SOURCE PROGRAM
*ONE WORD INTEGERS
*EXTENDED PRECISION
      SUBROUTINE NORM(EX,DP,RT,K)
C      SUBROTINA PARA GERACAO DE VALORES NORMALMENTE DISTRI-
C      BUIDOS, OBTIDOS A PARTIR DE NUMEROS ALEATORIOS
      COMMON IX
      SOMA=0.
C      O VALOR DE K DEVERA SER DEFINIDO NO PROGRAMA PRINCIPAL
      DO 10 I=1,K
      CALL RANDU(IX,IY,PFL)
      IX=IY
10    SOMA=SOMA+PFL
      RT=DP*SOMA+EX
      RETURN
      END

//      DUP
*STORE          WS UA NORM
```

APENDICE 4

```

// JOB T
// FOR
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM
*EXTENDED PRECISION
  SUBROUTINE RANDU(IX,IY,PFL)
    IY=IX*899
    IF(IY)6,8,8
    6 IY=IY+32767+1
    8 PFL=IY
    PFL=PFL/32767.
    RETURN
  END

// DUP
*STORE      WS UA RANDU

// FOR
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM
*EXTENDED PRECISION
  SUBROUTINE GAMA(IR,AA,RT)
  COMMON IX
  STR=1.
  DO 5I=1,IR
  CALL RANDU(IX,IY,PFL)
  IX=IY
  5 STR=STR*PFL
  RT=-ALOG(STR)/AA
  RETURN
  END

// DUP
*STORE      WS UA GAMA

// FOR
*IOCS(CARD,1132 PRINTER)
*ONE WORD INTEGERS
*LIST SOURCE PROGRAM
*EXTENDED PRECISION
  DIMENSION KX(50),TMP(50),TER(50),TRO(50),NT(500)
  DIMENSION STER(50),STRO(50),CMO(50),CTRO(50)
  COMMON IX
C   PROGRAMA DE SIMULACAO PARA DETERMINAR NUMERO DE REPARADORES
C   TRO=TEMPO OCIOSO DOS REPARADORES
C   TER=TEMPO DE MAQUINA ESPERANDO REPAROS
C   IMP=TEMPO DE MAQUINAS PARADAS
C   CRO=CUSTO DE REPARADORES OCIOSOS
C   CMO=CUSTO DE MAQUINAS PARADAS
C   STER=TEMPO TOTAL QUE AS MAQUINAS FICARAM ESPERANDO REPAROS
C   SCMO=CUSTO TOTAL MAQUINAS OCIOSAS
C   CTRO=CUSTO DOS REPARADORES OCIOSOS
C   N=NUMERO DE MAQUINAS
C   AA=PARAMETRO ALFA PARA FUNCAO DENSIDADE DE FALHA
C   AB=PARAMETRO ALFA PARA FUNCAO DENSIDADE DE REPARO
C   IR=PARAMETRO K PARA FUNCAO DENSIDADE DE FALHA
C   IS=PARAMETRO K PARA FUNCAO DENSIDADE DE REPARO
C   NB=NUMERO DE FALHAS NA SIMULACAO

```

```

C   CONDICÕES INICIAIS
    L=0
    I=0
    IX=1
    I4=0
    READ(2,230)CR,CM,AA,AB,NB,IR,IS
    WRITE(3,311)
    N=5
    WRITE(3,348)N
    WRITE(3,7)
    DO 1100 M=1,4
    K=M
C   ZERAR ACUMULADORES
    DO 10 I1=1,N
    KX(I1)=0
    CMO(I1)=0.
    STER(I1)=0.
    TMP(I1)=0.
    TER(I1)=0.
    NT(I1)=0
10  CONTINUE
    TA=0.
    SSTER=0.
    SCMO=0.
    SCTRO=0.
    CTR=0.
    SSTRO=0.
    DO 20 I2=1,M
    STRO(I2)=0.
    CTRO(I2)=0.
    TRO(I2)=0.
20  CONTINUE
    DO 25 I9=1,N
C   GERACAO DO TEMPO DE FUNCIONAMENTO DA MAQUINA
    CALL GAMA(IR,AA,RT)
    LTI=RT*8.
    NT(I9)=ITI
25  CONTINUE
    DO 1000 IZ=1,NB
    JM=1
C   SELECAO DA MAQUINA COM MENOR TEMPO DE FUNCIONAMENTO
    DO 31 IK=2,N
    IF(NT(IK)-NT(JM))16,31,31
16  JM=IK
31  CONTINUE
    TMIN=NT(JM)
    D=TMIN-TA
    IF(L)55,55,50
C   ACUMULACAO DE ESTATISTICAS
50  TMP(L)=TMP(L)+D
55  IF(I)65,65,60
60  TER(I)=TER(I)+D
65  IF(K)75,75,70
70  TRO(K)=TRO(K)+D
75  TA=TMIN
    IF(KX(JM))249,240,250
249 WRITE(3,235)
    GO TO 1010
240 KX(JM)=1

```



```
      2$,//)
364 FORMAT(1X,'TEMPO QUE',1X,I1,1X,'REPARADORES FICARAM OCIOSOS',F10.0
      1,3X,'HORAS')
367 FORMAT(1X,'NENHUMA MAQUINA FICOU ESPERANDO REPARO',/)
369 FORMAT(/,1X,'TEMPO QUE REPARADORES FICARAM OCIOSOS',F10.0,3X,'HO
      1RAS',//,1X,'CUSTO DOS REPARADORES OCIOSOS',12X,F10.2,1X,'CRS')
378 FORMAT(//,10X,'-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-*-',//)
1100 CONTINUE
1010 CALL EXIT
      END

// XEQ
```

RESULTADOS

NUMEROS DE MAQUINAS - 5

= * * * * *

NUMERO DE REPARADORES - 1

TEMPO QUE 1 MAQUINAS ESPERARAM REPAROS	31.	HORAS
TEMPO QUE 2 MAQUINAS ESPERARAM REPAROS	2.	HORAS
TEMPO QUE 3 MAQUINAS ESPERARAM REPAROS	0.	HORAS
TEMPO QUE 4 MAQUINAS ESPERARAM REPAROS	0.	HORAS
TEMPO QUE 5 MAQUINAS ESPERARAM REPAROS	0.	HORAS
TEMPO QUE AS MAQUINAS ESPERARAM REPAROS	33.	HORAS
CUSTO DAS MAQUINAS ESPERANDO REPAROS	34825.00	CRS

TEMPO QUE 1 REPARADORES FICARAM OCIOSOS	589.	HORAS
TEMPO QUE REPARADORES FICARAM OCIOSOS	589.	HORAS
CUSTO DOS REPARADORES OCIOSOS	2061.50	CRS

NUMERO DE REPARADORES - 2

NENHUMA MAQUINA FICOU ESPERANDO REPARO

TEMPO QUE 2 REPARADORES FICARAM OCIOSOS	184.	HORAS
TEMPO QUE 1 REPARADORES FICARAM OCIOSOS	592.	HORAS
TEMPO QUE REPARADORES FICARAM OCIOSOS	1368.	HORAS
CUSTO DOS REPARADORES OCIOSOS	4788.00	CRS

- * * * * * . * * * * * -

NUMERO DE REPARADORES - 3

NENHUMA MAQUINA FICOU ESPERANDO REPARO

TEMPO QUE 3 REPARADORES FICARAM OCIOSOS	23.	HORAS
TEMPO QUE 2 REPARADORES FICARAM OCIOSOS	192.	HORAS
TEMPO QUE 1 REPARADORES FICARAM OCIOSOS	586.	HORAS
TEMPO QUE REPARADORES FICARAM OCIOSOS	2165.	HORAS
CUSTO DOS REPARADORES OCIOSOS	7577.50	CRS

NUMERO DE REPARADORES - 4

NENHUMA MAQUINA FICOU ESPERANDO REPARO

TEMPO QUE 4 REPARADORES FICARAM OCIOSOS	7.	HORAS
TEMPO QUE 3 REPARADORES FICARAM OCIOSOS	31.	HORAS
TEMPO QUE 2 REPARADORES FICARAM OCIOSOS	162.	HORAS
TEMPO QUE 1 REPARADORES FICARAM OCIOSOS	554.	HORAS
TEMPO QUE REPARADORES FICARAM OCIOSOS	2771.	HORAS
CUSTO DOS REPARADORES OCIOSOS	9698.50	CRS

- * * * * * . * * * * * -

BIBLIOGRAFIA REFERENCIADA

- (1) - GEORGE, Claude S. *Management Business An Industry*. 2a Ed. Nova Deli, Prentice Hall of India, 1970, p. 268.
- (2) - LEWIS, Bernard T. PEARSON, William. *Manual de Manutenção Preventiva (Management Guide For Preventive Maintenance)*, Rio de Janeiro, Denisa Publicações, 1965, p. 51.
- (3) - AMRINE, Harold T. RITCHEY, John A. HULLEY, Oliver S. *Manufacturing Organization And Management*. 2a Ed. Nova Jersey, Prentice Hall Inc., 1966, p. 314.
- (4) - LEWIS, Bernard T. PEARSON, William W. *Manual de Manutenção Preventiva (Management Guide For Preventive Maintenance)*, Rio de Janeiro, Denisa Publicações, 1965, p.56 a 58.
- (5) - *Idem*, p. 59.
- (6) - *Idem*, p. 19.
- (7) - GEORGE, Claude S. *Management For Business An Industry*, 2a Ed. Nova Deli, Prentice Hall of India, 1970, p. 267.
- (8) - BARNES, Ralph. *Estudo de Movimentos e Tempos (motion and Time Study)*, São Paulo, Ed. Edgard Blucher Ltda., 1963, p. 386.
- (9) - KRICK, Edward. *Métodos e Sistemas (Methods Engineering)*, São Paulo. Livros Técnicos e Científicos Ed. Ltda., 1971, Apêndice A, 2ª Vol.
- (10) - BARNES, Ralph. *Estudo de Movimentos e Tempos (Motion and Time Study)*, São Paulo, Ed. Edgard Blucher Ltda., 1963, p. 385
- (11) - *Idem*, p. 385.
- (12) - PARSONS, James A. *Preventive Maintenance Policy Selection*. Georgia, American Institute of Industrial Engineering, 1965, p. 326, vol xvi, nº 5, *The Journal of Industrial Engineering*.
- (13) - COX, D.R. *Renewal Theory*, Londres, Methuen & Co. Ltda., 1.970, p.118.
- (14) - *Idem*, p.119
- (15) - MEYER, Paul L. *Probabilidade - Aplicações à Estatística; (Introductory Probability And Statistical Applications)*, Rio de Janeiro, Ao Livro Técnico s.a., 1970, p.243.
- (16) - MANN, Lawrence I. TWETER, *a Systematic Maintenance Program*. Georgia, American Institute Of Industrial Engineering, 1966, vol. xvii, nº 9, *The Journal Of Industrial Engineering*.

- 17 - AMRINE, Harold T. RITCHEY, John A., HULLEY, Oliver S., *Manufacturing Organization And Management*, 2a Ed., Nova Jersey, Prentice Hall Inc., 1971, p.312.
- 18 - CARSON, Gordon B. *Production Handbook*. 2a Ed. Nova Iorque, The Ronald Press Co. 1964, p. 24.32.
- 19 - LEONE, George S.G. *Custo - Um enfoque Administrativo*, Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1972, p. 20 e 21.
- 20 - ANGELI, Franco (Ed.). *Método per Controllari I Costi de Manutenzioni*, Milano, 1972, p. 57, nº 2, Produrre.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AMRINE, Harold T., RITCHEY, John A., HULLEY, Oliver S. *Manufacturing Organization And Management*, 2a. Ed. Nova Jersey, Prentice Hall Inc., 1966.
- ANGELI, Franco (Ed.). *Método per Controlari i Costi di Manutenzione*. Milano, Ed. 1972, n° 2, Produrre.
- ANTHONY, Robert. *Management Accounting - Text And Cases*, 4a Ed. Illinois, Richard D. Irwin Inc., 1970.
- ARMANI, Carlo. *Manutenzione Planificata Nell'Industria*. Milano , Franco Angeli Ed., 1972, n° 1, Produrre.
- BARNES, Ralph. *Estudo de Movimentos e Tempos, (Motion And Time Study)*, São Paulo, Ed. Edgard Blucher Ltda., 1963.
- BATTY, J. *Management Accounting*. London, Mc.Donald And Evans Ltd. 1970.
- BAZOWSKI, Igor. *Reliability. Theory and Practice*. Nova Jersey, Prentice Hall Inc., 1961.
- BETHEL, Lawrence I. TWETER, Franklin S. SMITH, George H.E. STACKMAN, Harvey A. Jr. *Industrial Organization And Management*. 4a. Ed. Nova Iorque, McGraw Hill Book Co., 1962.
- BOWMANN, Edward H. FETTER, Robert B. *Analysis for Production And Operations Management*. 3a Ed. Illinois, Richard D. Irwin Inc, 1967.
- BUFFA, Elwood S. *Modern Production Management*. 2a Ed. Nova Iorque, John Willey & Sons, 1969.
- CARSON, Gordon B. *Production Handbook*, 2a Ed. Nova Iorque, The Ronald Press Col. 1964.
- CHILTON, Cecil H., *Cost Engineering In The Process Industries*. Nova Iorque, Mc Graw Hill Book Co Inc., 1960.
- COX, D.R. *Renewal Theory*. Londres, Methuen & Co. Ltd., 1970.
- GARDNER, Hansen. *La Manutenzione Negli Stablimenti Siderurgici*. Milano, Franco Angeli Ed., 1971, n° 1, Impianti.
- GAVETT, J. William. *Production And Operations Management*, Nova Iorque, Harcourt, Braun & World Inc., 1968.
- GEORGE, Claude S., *Management For Business An Industry*. 2a. Ed. Nova Deli, Prentice Hall of India, 1970.
- GILLESPIE, Cecil. *Cost Accounting And Control*. Nova Iorque, Prentice Hall Inc., 1957.
- GORDON, Myron J. SHILLINGLAW, Gordon. *Accounting A Management Approach*. 4a. Ed. Ontário, Irwin Dorsey Ltd., 1964.

- HOEL, Paul G. JESSEN, Raimond J. *Basis Statistics For Business And Economics*. 10a. Ed. Nova Iorque, John Willey & Sons, 1971.
- KRICK, Edward. *Métodos e Sistemas (Methods Engineering)*, Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 1971, 2^o vol.
- LEONE, George S. G. *Custos - Um Enfoque Administrativo*, Rio de Janeiro, Fundação Getúlio Vargas, 1972.
- LEWIS, Bernard T. PEARSON, William W. *Manual de Manutenção Preventiva (Management Guide For Preventive Maintenance)*, Rio de Janeiro, Denisa Publicações, 1965.
- MANN, Lawrence Jr. *Toward A Systematic Maintenance Program*. Georgia, American Institute Of Industrial Engineering, 1966, Vol.... xvii, nº 9, *The Journal Of Industrial Engineering*.
- MAYNARD, H.B. *Industrial Engineering Handbook*, 2a Ed. Nova Iorque, Mc Graw Hill Book Co., 1963.
- NAYLOR, Thomas H. BALINTFY, Joseph L. BURDICK, Donald S. CHU, Kong. *Técnicas de Simulação Em Computadores (Computer Simulation Techniques)*, São Paulo, Editora Vozes Ltda., 1971.
- PARSON, James A. *Preventive Maintenance Policy Selection*. Georgia, American Institute Of Industrial Engineering, 1965, vol. xvi, nº 5, *The Journal of Industrial Engineering*.
- PACITI, Tercio. *Fortran - Monitor - Princípios* 2a. Ed. Rio de Janeiro, Editora ao Livro Técnico, 1970.
- PIERUSCHKA, Erich, *Principles of Reliability*, Nova Iorque, Prentice Hall Inc., 1963.
- SPRIEGEL and LANGSBURGH, *Industrial Management*. 5a. Ed. Nova Iorque, John Willey & Sons, 1955.
- STARR, Martin K., *Systems Management Of Operations*. Tóquio, Prentice Hall Inc., 1971.