

MANUTENÇÃO MECÂNICA INDUSTRIAL

PARTE 1

Curso Superior de TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL
Prof. Eng. Giovani Costa Ribeiro
2º Semestre 2007

SUMÁRIO

Introdução à Manutenção	03
Engenharia de Manutenção	07
Manutenção Corretiva	08
Manutenção Preventiva	12
Manutenção Preditiva	18
Manutenção Detectiva	26
Manutenção Proativa	26
Organização da Manutenção.....	28
TPM- Planejamento, organização, administração	42
RCM (Reliability Centered Maintenance).....	49
CPM (Critic Parth Method)- Método do Caminho Crítico	52
Confiabilidade	63
Soldagem de Manutenção I	72
Soldagem de Manutenção II	78
Noções de Manutenção de Hidráulica Industrial	84
Noções básicas de Pneumática	98

INTRODUÇÃO À MANUTENÇÃO

Com a globalização da economia, a busca da qualidade total em serviços, produtos e gerenciamento ambiental passaram a ser a meta de todas as empresas.

- O que a manutenção tem a ver com a qualidade total?

Disponibilidade de máquina, aumento da competitividade, aumento da lucratividade, satisfação dos clientes, produtos com defeito zero...

Vamos comparar:

Imagine que seja um fabricante de rolamentos e que tenha concorrentes no mercado. Pois bem, para que eu venha a manter meus clientes e conquistar outros, precisarei tirar o máximo rendimento de minhas máquinas para oferecer rolamentos com defeito zero e preço competitivo.

Deverei, também, estabelecer um rigoroso cronograma de fabricação e de entrega de meus rolamentos. Imagine você que eu não faça **manutenção** de minhas máquinas.....

Se eu tiver um bom programa de manutenção, os prejuízos serão inevitáveis, pois máquinas com defeitos ou quebradas causarão:

- Diminuição ou interrupção da produção;
- Atrasos nas entregas
- Perdas financeiras;
- Aumento dos custos;
- Rolamentos com possibilidades de apresentar defeitos de fabricação;
- Insatisfação dos clientes;
- Perda de mercado.

Para evitar o colapso de minha empresa devo, obrigatoriamente, definir um programa de manutenção com métodos preventivos a fim de obter rolamentos nas **quantidades** previamente estabelecidas e com **qualidade**.

Também devo incluir, no programa, as **ferramentas** a serem utilizadas e a previsão da vida útil de **cada elemento** das máquinas.

Todos esses aspectos mostram a importância que se deve dar à manutenção.

Um breve histórico

A manutenção, embora despercebida, sempre existiu, mesmo nas épocas mais remotas. Começou a ser conhecida com o nome de manutenção por volta do século XVI na Europa central, juntamente com o surgimento do relógio mecânico, quando surgiram os primeiros técnicos em montagem e assistência.

Tomou corpo ao longo da Revolução Industrial e firmou-se, como necessidade absoluta, na Segunda Guerra Mundial.

No princípio da reconstrução pós-guerra, Inglaterra, Alemanha, Itália e principalmente o Japão alicerçaram seu desempenho industrial nas bases da engenharia e manutenção.

Nos últimos anos, com a intensa concorrência, os prazos de entrega dos produtos passaram a ser relevantes para todas as empresas. Com isso, surgiu a motivação para se prevenir contra as falhas de máquinas e equipamentos. Essa motivação deu origem à manutenção preventiva.

Em suma, nos últimos vinte anos é que tem havido preocupação de técnicos e empresários para o desenvolvimento de técnicas específicas para melhorar o complexo sistema **Homem/Máquina/Serviço**.

Conceitos e objetivos

Podemos entender manutenção como o conjunto de cuidados técnicos indispensáveis ao funcionamento regular e permanente de máquinas, equipamentos, ferramentas e instalações. Esses cuidados envolvem a **conservação**, a **adequação**, a **restauração**, a **substituição**, e a **prevenção**.

Por exemplo, quando mantemos as engrenagens lubrificadas, estamos conservando-as. Se estivermos retificando uma mesa de desmpeño, estaremos restaurando-a. Se estivermos trocando o plugue de um cabo elétrico, estaremos substituindo-o.

De modo, geral, a manutenção em uma empresa tem como objetivos:

- Manter equipamentos e máquinas em condições de pleno funcionamento para garantir a produção normal e a qualidade dos produtos;
- Prevenir prováveis falhas ou quebras dos elementos das máquinas.

Alcançar esses objetivos requer manutenção diária em serviços de rotina e de reparos periódicos programados.

A manutenção ideal de uma máquina é a que permite alta disponibilidade para a produção durante todo o tempo em que ela estiver em serviço e a um custo adequado.

Serviços de rotina e serviços periódicos

Os serviços de rotina constam de inspeção e verificação das condições técnicas das unidades das máquinas. A detecção e a identificação de pequenos defeitos dos elementos das máquinas, a verificação dos sistemas de lubrificação e a constatação de falhas de ajustes são exemplos dos serviços da manutenção de rotina.

A responsabilidade pelos serviços de rotina não é somente do pessoal da manutenção, mas também de todos os operadores de máquinas. Salientemos que há, também, manutenção de emergência ou corretiva que será estudada logo adiante.



Os serviços periódicos de manutenção consistem de vários procedimentos que visam manter a máquina e equipamentos em perfeito estado de funcionamento.

Esses procedimentos envolvem várias operações:

- Monitorar as partes da máquina que estarão sujeita aos maiores desgastes;
- Ajustar ou trocar componentes em períodos predeterminados;
- Exame dos componentes antes do término de suas garantias;
- Replanejar, se necessário, o programa de prevenção;
- Testar os componentes elétricos etc.

Os serviços periódicos de manutenção podem ser durante paradas longas das máquinas por motivos de quebra de peças (o que deve ser evitado) ou outras falhas, ou durante o planejamento de novo serviço ou, ainda, no horário de mudança de turnos.

As paradas programadas visam à desmontagem completa da máquina para exame de suas partes e conjuntos.

As partes danificadas, após exame, são reconcondicionadas ou substituídas. A seguir, a máquina é novamente montada e testada para assegurar a qualidade exigida em seu desempenho.

Reparos não programados também ocorrem e estão inseridos na categoria conhecida pelo nome de **manutenção corretiva**. Por exemplo, se uma furadeira de bancada estiver em funcionamento e a correia partir; ela deverá ser substituída de imediato para que a máquina não fique parada.

O acompanhamento e o **registro** do estado da máquina, bem como dos reparos feitos, são fatores importante em qualquer programa de manutenção.

Tipos de manutenção

Há dois tipos de manutenção: **a planejada** e **a não planejada**.

A manutenção planejada classifica-se em quatro categorias:

Preventiva, Preditiva, TPM e Terotecnologia.

A **manutenção preventiva** consiste no conjunto de procedimentos e ações antecipadas que visam manter a máquina em funcionamento.

A **manutenção preditiva** é um tipo de ação preventiva baseada no conhecimento das condições de cada um dos componentes das máquinas e equipamentos. Esses dados são obtidos por meio de um acompanhamento do desgaste de peças vitais de conjuntos de máquinas e de equipamentos.

Testes periódicos são efetuados para determinar a época adequada para substituições ou reparos de peças. Exemplos: análise de vibrações, monitoramento de mancais.

A **TPM** (manutenção produtiva total) foi desenvolvida no Japão. É um modelo calcado no conceito “**de minha máquina, cuido eu**”.

A **Terotecnologia** é uma técnica inglesa que determina a participação de um especialista em manutenção desde a concepção do equipamento até sua instalação e primeiras horas de produção. Com a terotecnologia, obtêm-se equipamentos que facilitam a intervenção dos mantenedores.

Modernamente há empresas que aplicam o chamado retrofitting, que são reformas de equipamentos com atualização tecnológica. Por exemplo, reformar um torno mecânico convencional transformando-o em torno CNC é um caso de retrofitting.

A manutenção não planejada classifica-se em duas categorias: **a corretiva** e **a de ocasião**.

A **manutenção corretiva** tem o objetivo de localizar e reparar defeitos em equipamentos que operam em regime de trabalho contínuo.

A **manutenção de ocasião** consiste em fazer consertos quando a máquina se encontra parada.

Planejamento, programação e controle.

Nas instalações industriais, as paradas para manutenção constituem uma preocupação constante para a programação da produção. Se as paradas não forem previstas, ocorrem vários problemas, tais como: atrasos no cronograma de fabricação, indisponibilidade da máquina, elevação dos custos etc.

Para evitar esses problemas, as empresas introduziram, em termos administrativos, o planejamento e a programação da manutenção. No Brasil, o planejamento e a programação da manutenção foram introduzidos durante os anos 60.

A função **planejar** significa conhecer os trabalhos, os recursos para executá-los e tomar decisões.

A função **programar** significa determinar pessoal, dia e hora para execução dos trabalhos.

Um plano de manutenção deve responder às seguintes perguntas:

- **Como?**
- **O quê?**
- **Em quanto tempo?**
- **Quem?**
- **Quando?**
- **Quanto?**

As três primeiras perguntas são essenciais para o planejamento e as três últimas, imprescindíveis para a programação.

O plano de execução deve ser controlado para se obter informações que orientem a tomada de decisões quanto a equipamentos e equipes de manutenção.

O controle é feito por meio de coleta e tabulação de dados, seguidos de interpretação. É desta forma que são estabelecidos os padrões ou normas de trabalho.

Organização e administração

Por organização do serviço de manutenção podemos entender a maneira como se compõem, se ordenam e se estruturam os serviços para o alcance dos objetivos visados.

A administração do serviço de manutenção tem o objetivo de normalizar as atividades, ordenar os fatores de produção, contribuir para a produção e a produtividade com eficiência, sem desperdícios e retrabalho.

O maior risco que a manutenção pode sofrer, especialmente nas grandes empresas, é o da perda do seu principal objetivo, por causa, principalmente, da falta de organização e de uma administração excessivamente burocratizada.

ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO:

A prevenção dos potenciais de falha das máquinas é necessária para a segurança e confiabilidade operacional das instalações industriais. A constante auditoria dos processos de especificação, seleção, verificação e projeto são importantes para alcançar níveis satisfatórios de prevenção. Quando uma falha acontece, a definição correta da “causa original” é um pré-requisito para a prevenção de novas falhas.

Atualmente existem inúmeras publicações que apresentam metodologias para a análise de falha de diversos componentes. Uma metodologia padrão de análise de falha e solução de problemas é muito importante porque a experiência demonstra que a maioria dos problemas que ocorrem frequentemente nos equipamentos nunca são definidos suficientemente; eles são simplesmente “solucionados” ou “superados”. As pressões da produção são maiores do que a necessidade de análise, e o problema podem voltar a acontecer, pois a causa não foi identificada e também não foi eliminada.

As paradas do equipamento e o risco de falha podem ser reduzidos somente se os problemas potenciais são antecipados e evitados. Frequentemente esta condição não é alcançada com a utilização dos métodos tradicionais de análise. Neste caso é apropriada a utilização de outros métodos para prevenir e reduzir as conseqüências dos danos às instalações, equipamentos e pessoal. Este objetivo pode incluir, entre outros métodos, a aplicação de componentes redundantes e utilização da técnica de análise por circuito de inspeção automática, para sistemas elétrico-eletrônicos.

A engenharia de manutenção tem como objetivo definir os níveis aceitáveis de parada dos equipamentos, incluindo as falhas admissíveis. Para alcançar estes níveis, a engenharia de manutenção deve estar preparada para a análise dos desvios, utilizando métodos eficientes de análise de falha e solução de problemas.

A atuação da engenharia de manutenção deve sempre objetivar a prevenção das falhas indesejáveis utilizando meios para antecipar, otimizar e inovar.

A ação de antecipar significa atuar antes que a falha provoque uma parada em emergência. Esta forma de evitar a falha utiliza as ferramentas de identificação dos sintomas da falha em estágio prematuro, permitindo a programação da manutenção. Alguns sintomas característicos da falha, como por exemplo: vibração, temperatura ou desgaste podem ser monitorados com equipamentos e técnicas apropriados. A manutenção atua de forma programada.

A ação de otimizar significa atuar nas falhas repetitivas melhorando projeto e procedimentos de manutenção com objetivo de aumentar o desempenho esperado para o equipamento. A otimização deve utilizar as novas tecnologias, normalmente estas tecnologias não estavam disponíveis na instalação do equipamento original e o desenvolvimento foi estimulado justamente para melhorar o desempenho devido às falhas típicas.

A ação de inovar significa atuar nas falhas repetitivas em que os métodos convencionais de projeto e procedimentos de manutenção não garantem o desempenho esperado. A inovação normalmente é determinada pelos seguintes fatores:

- As falhas ocorrem em intervalos inferiores à possibilidade de ações preventivas;
- Dificuldade de identificação da falha;
- A intervenção para a manutenção é muito complexa.

MANUTENÇÃO CORRETIVA

Consideremos uma linha de produção de uma fábrica de calçados e que a máquina que faz as costuras no solado pare de funcionar por um motivo qualquer.

Se providências não forem tomadas imediatamente, toda a produção de calçados com costuras no solado ficará comprometida.

Diante de situações como esta, a **manutenção corretiva** deverá entrar em ação, portanto veremos como são elaborados os documentos que compõem a manutenção corretiva.

Manutenção corretiva

Manutenção corretiva é aquela de atendimento imediato à produção. Esse tipo de manutenção baseia-se na seguinte filosofia:

“Equipamento parou, manutenção conserta imediatamente”.

Não existe filosofia, teoria ou fórmula para dimensionar uma equipe de manutenção corretiva, pois nunca se sabe quando alguém vai ser solicitado para atender aos eventos que requerem a presença dos mantenedores. Por esse motivo, as empresas que têm uma manutenção programada e bem administrada convivem com o caos, pois nunca haverá pessoal de manutenção suficiente para atender às solicitações. Mesmo que venham a contar com pessoal de manutenção em quantidade suficiente, não saberão o que fazer com os mantenedores em época em que tudo caminha tranquilamente.

È por esse motivo que, normalmente, a manutenção aceita serviços de montagem para executar e nunca cumpre os prazos estabelecidos, pois há ocasiões em que terá de decidir se atende às emergências ou continua montando o que estava programado.

Como as ocorrências de emergências são inevitáveis, sempre haverá necessidade de uma equipe para esses atendimentos, porque, não se deve ter 100% de manutenção preventiva, pois dependendo do equipamento, às vezes é mais conveniente, por motivos econômicos, deixá-lo parar e resolver o problema por atendimento de emergência.

Mesmo em empresas que não podem ter emergências, às vezes elas ocorrem com resultados geralmente catastróficos. Exemplos: Empresas aéreas.

Nas empresas que convivem com emergências que podem redundar em desastres, deve haver uma equipe muito especial de manutenção, cuja função é eliminar ou minimizar essas emergências.

A filosofia que deve ser adotada é:

“Emergências não ocorrem, são causadas. Elimine a causa e você não terá novamente a mesma emergência”.

Atendimento

A equipe de manutenção corretiva deve estar sempre em um local específico para ser encontrada facilmente e atender à produção de imediato.

Como a equipe não sabe o local onde vai atuar, o usuário com problemas deverá solicitar o atendimento por telefone, porém, para efeitos de registro e estatística, ele deverá emitir um documento com as seguintes informações:

**Equipamento.....da seção.....parou às.....horas
do dia.....**

Um analista da equipe de manutenção corretiva atende ao chamado, verifica o que deve ser feito e emite uma ficha de execução para sanar o problema.

Um modelo de ficha de execução é dado a seguir.

FRENTE

Ficha de Execução

Unidade

Equipamento

Inspeção

Trabalho a realizar

Trabalho realizado

Conjunto

Subconjunto

Parada de Produção

Natureza de Avaria

Causa de Avaria

Data

Visto

Prevista

Realizada

Parada de Produção :

Ficha de Execução

chapa

Data

Início

Término

Duração

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

32

33

34

35

36

37

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65

66

67

68

69

70

71

72

73

74

75

76

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

88

89

90

91

92

93

94

95

96

97

98

99

100

VERSO

O preenchimento da frente da ficha de execução deve seguir os passos:

- Preencher o campo **unidade** ou área onde o equipamento está localizado;
- Preencher o campo **data**;
- Preencher o campo **equipamento** citando o nome do equipamento;
- Preencher os campos **conjunto e subconjunto**;
- Preencher o campo **trabalho a realizar** especificando exatamente o que fazer e onde fazer;
- Preencher o campo **trabalho realizado**;
- Preencher o campo **parada da produção** colocando código 00 quando for emergência (serviço não programado) e código 11 quando for preventiva (serviços programados);
- Preencher os campos **natureza da avaria** e **causas da avaria** citados no anexo 2:

Anexo 2

CAUSAS DA AVARIA	CÓDIGO
Introdução de líquidos gordurosos exteriores ao equipamento	11
Introdução de líquidos não gordurosos exteriores ao equipamento	12
Introdução de pó químico na máquina	15
Incrustação	16
Introdução de corpo sólido exterior à máquina	17
Falta de filtragem	18
Introdução de ar no sistema	19
Introdução de líquidos gordurosos procedentes da máquina	21
Introdução de líquidos não gordurosos procedentes da máquina	22
Introdução de pó procedente da máquina	25
Introdução de corpo sólido	27
Influência da umidade	31
Influência de temperatura baixa	32
Influência de temperatura elevada	33
Atmosfera corrosiva	35
Desgaste excessivo	41
Falta de isolamento térmico	42
Abaixamento do solo	43
Modificações geométricas dos suportes	44
Ligação errada	49
Defeito de material	50
Erro de fabricação	51
Peça de reposição não adequada	52
Erro de concepção	53
Defeito de montagem	54
Má ajustagem	55
Manobra errada da operação	56
Falta de limpeza	60
Excesso de carga	61
Desaperto	62
Falta de lubrificação	72
Choques	73
Vibração anormal	74
Atrito	75

Salientemos que para se colocar o código de natureza e causa de avaria é necessário analisar profundamente o problema, pois existe sempre uma causa fundamental. Às vezes uma natureza de avaria pode vir a ser causa para outro tipo de natureza de avaria. Exemplo: desgaste de um eixo.

Nesse exemplo, temos como **natureza** o desgaste do eixo e como **causa** do desgaste a falta de lubrificação, porém, o que causou a falta de lubrificação?

O preenchimento do verso da ficha de execução deve seguir os passos:

- Preencher o campo **chapa** com a identificação do funcionário;
- Preencher o campo **data**;
- Preencher os campos **início, término e duração** do trabalho.

Os campos '**data**', '**início**', '**término**' e '**duração**' do trabalho na primeira linha do verso apresentarão apenas eventos previstos. Somente a partir da segunda linha é que apresentarão eventos realizados, de acordo com o desenvolvimento do trabalho.

Quando o trabalho tiver sido executado, fecha-se a coluna "**duração**" e transfere-se o resultado obtido (horas, dias) para o campo "**realizada**", existente na frente da ficha. Após isso, pede-se para a chefia colocar o visto no respectivo campo para liberação do equipamento.

A equipe de manutenção, evidentemente, deverá eliminar as emergências; porém, sempre se preocupando em deixar o equipamento trabalhando dentro de suas características originais, de acordo com seu projeto de fabricação.

Após o conserto e a liberação do equipamento para a produção, o analista da manutenção corretiva é obrigado a enviar para o setor de Engenharia de Manutenção um relatório de avaria.

Nesse relatório o analista pode e deve sugerir alguma providência ou modificação no projeto da máquina para que o tipo de avaria ocorrida – e – não venha a se repetir.

Modelo de relatório de avaria

A seguir apresentamos um modelo de relatório de avaria e mostramos como preenchê-lo.

RELATÓRIO DE AVARIA	
UNIDADE	
EQUIPAMENTO	CONJUNTO
SUBCONJUNTO	DATA
NATUREZA DA AVARIA	
.....	
.....	
CAUSA DA AVARIA	
.....	
.....	
SUGESTÃO	
.....	
.....	
.....	

O preenchimento do relatório de avaria deve seguir os passos:

- Preencher o campo **unidade** com nome e código;
- Preencher o campo **equipamento** com nome e código;
- Preencher o campo **conjunto** com código;
- Preencher o campo **subconjunto** com código;
- Preencher o campo **data** com a data de ocorrência;
- Preencher o campo **natureza da avaria** com código e relatar a ocorrência;
- Preencher o campo **causa da avaria** com código (anexo 2) e relatar a causa fundamental;
- Preencher o campo **sugestão** indicando alguma providência ou modificação no projeto.

Observação: É conveniente ressaltar que os modelos de ficha de execução e os modelos de relatório de avaria mudam de empresa para empresa, bem como os códigos de natureza da avaria e suas causas. Não há, infelizmente, uma norma a respeito do assunto.

MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Consideremos o motor de um automóvel. De tempos em tempos o usuário deverá trocar o óleo do cárter, Não realizando essa operação periódica, estaria correndo o risco de danificar os elementos que constituem o motor.

Como o usuário faria para poder controlar essa troca periódica do óleo do motor?

Para realizar esse controle, o usuário deverá acompanhar a quilometragem do carro e, baseado nela, fazer a previsão da troca do óleo.

Essa previsão nada mais é do que uma simples manutenção preventiva.

Conceitos

A manutenção preventiva obedece a um padrão previamente esquematizado, que estabelecem paradas periódicas com a finalidade de permitir a troca de peças gastas por novas, assegurando assim o funcionamento perfeito da máquina por um período predeterminado.

O método preventivo proporciona um determinado ritmo de trabalho, assegurando o equilíbrio necessário ao bom andamento das atividades.

O controle das peças de reposição é o problema que atinge todos os tipos de indústria. Uma das metas a que se propõe o órgão de manutenção preventiva é a diminuição sensível dos estoques. Isso se consegue com a organização dos prazos para reposição de peças. Assim, ajustam-se os investimentos para o setor.

Se uma peça de um conjunto que constitui um mecanismo estiver executando seu trabalho de forma irregular, ela estabelecerá, fatalmente, uma sobrecarga nas demais peças que estão interagindo com ela. Como consequência, a sobrecarga provocará a diminuição da vida útil das demais peças do conjunto.

O problema só pode ser resolvido com a troca da peça problemática, com **antecedência**, para preservar as demais peças.

Em qualquer sistema industrial, a improvisação é um dos focos de prejuízo. É verdade que quando se improvisa pode-se evitar a paralisação da produção, mas perde-se em eficiência. A improvisação pode e deve ser evitada por meio de métodos preventivos estabelecidos pelos técnicos de manutenção preventiva. A aplicação de métodos preventivos assegura um trabalho uniforme e seguro.

O planejamento e a organização, fornecidos pelo método preventivo, são uma garantia aos homens da produção que podem controlar, dentro de uma faixa de erro mínimo, a entrada de novas encomendas.

Com o tempo, os industriais foram se conscientizando de que a máquina que funcionava ininterruptamente até quebrar acarretava vários problemas que poderiam ser evitados com simples paradas preventivas para lubrificação, troca de peças gastas e ajustes.

Com o auxílio dos relatórios escritos sobre os trabalhos realizados, são suprimidas as inconveniências das quebras inesperadas. Isso evita a difícil tarefa de trocas rápidas de máquinas e improvisações que causam o desespero do pessoal da manutenção corretiva.

A manutenção preventiva é um método aprovado e adotado atualmente em todos os setores industriais, pois abrange desde uma simples revisão – com paradas que não obedecem a uma rotina – até a utilização de alto índice técnico.

A manutenção preventiva abrange cronogramas nos quais são traçados planos e revisões periódicas completas para todos os tipos de materiais utilizados nas oficinas. Ela inclui, também, levantamentos que visam facilitar sua própria introdução em futuras ampliações do corpo da fábrica.

A aplicação do sistema de manutenção preventiva não deve se restringir aos setores, máquinas ou equipamentos. O sistema deve abranger todos os setores da indústria para garantir um perfeito entrosamento entre eles, de modo tal que, ao se constatar uma anomalia, as providências independem de qualquer outra regra que porventura venha a existir em uma oficina. Essa liberdade, dentro da indústria, é fundamental para o bom funcionamento do sistema preventivo.

O aparecimento de focos que ocasionam descontinuidade no programa deve ser encarado de maneira séria, organizando-se estudos que tomem por base os relatórios preenchidos por técnicos da manutenção. Estes deverão relatar, em linguagem simples e clara, todos os detalhes do problema em questão.

A manutenção preventiva nunca deverá ser confundida com o órgão de comando, apesar de ela ditar algumas regras de conduta a serem seguidas pelo pessoal da fábrica. À manutenção preventiva cabe apenas o lugar de apoio ao sistema fabril.

O segredo para o sucesso da manutenção preventiva está na perfeita compreensão de seus conceitos por parte de todo o pessoal da fábrica, desde os operários à presidência.

A manutenção preventiva, por ter um alcance extenso e profundo, deve ser organizada. Se a organização da manutenção preventiva carecer da devida solidez, ela provocará desordens e confusões.

Por outro lado, a capacidade e o espírito de cooperação dos técnicos são fatores importantes para a manutenção preventiva.

A manutenção preventiva deve, também, ser sistematizada para que o fluxo dos trabalhos se processe de modo correto e rápido. Sob esse aspecto, é necessário estabelecer qual deverá ser o sistema de informações empregado e aos procedimentos adotados.

O desenvolvimento de um sistema de informações deve apresentar definições claras e objetivas e conter a delegação das responsabilidades de todos os elementos participantes.

O fluxo das informações deverá fluir rapidamente entre todos os envolvidos na manutenção preventiva.

A manutenção preventiva exige, também, um plano para sua própria melhoria. Isto é conseguido por meio do planejamento, execução e verificação dos trabalhos que são indicadores para se buscar a melhoria dos métodos de manutenção, das técnicas de manutenção e da elevação dos níveis de controle. Esta é a dinâmica de uma instalação industrial.

Finalmente, para se efetivar a manutenção preventiva e alcançar os objetivos pretendidos com sua adoção, é necessário dispor de um período de tempo relativamente longo para contar com o concurso dos técnicos e dos dirigentes de alto gabarito. Isso vale a pena, pois a instalação do método de manutenção preventiva, pela maioria das grandes empresas industriais, é a prova

concreta da pouca eficiência do método de manutenção corretiva.

Objetivos

Os principais objetivos das empresas são, normalmente, redução de custos, qualidade do produto, aumento de produção, preservação do meio ambiente, aumento da vida útil dos equipamentos e redução de acidentes de trabalho.

a) Redução de custos – Em sua grande maioria, as empresas buscam reduzir os custos incidentes nos produtos que fabricam. A manutenção preventiva pode colaborar atuando nas peças sobressalentes, nas paradas de emergência etc., aplicando o mínimo necessário, ou seja, sobressalente **X** compra direta; horas ociosas **X** horas planejadas; material novo **X** material recuperado.

b) Qualidade do produto – A concorrência no mercado nem sempre ganha com o menor custo. Muitas vezes ela ganha com um produto de melhor qualidade.

Para atingir a meta qualidade do produto, a manutenção preventiva deverá ser aplicada com maior rigor, ou seja: máquinas deficientes **X** máquinas eficientes; abastecimento deficiente **X** abastecimento otimizado.

c) Aumento de produção – O aumento de produção de uma empresa se resume em atender à demanda crescente do mercado. É preciso manter a fidelidade dos clientes já cadastrados e conquistar outros, mantendo os prazos de entrega dos produtos em dia. A manutenção preventiva colabora para o alcance dessa meta atuando no binômio produção atrasada **X** produção em dia.

d) Efeitos no meio ambiente – Em determinadas empresas, o ponto mais crítico é a poluição causada pelo processo industrial. Se a meta da empresa for diminuição ou eliminação da poluição, a manutenção preventiva, como primeiro passo, deverá estar voltada para os equipamentos antipoluição, ou seja, equipamentos sem acompanhamento **X** equipamentos revisados; poluição **X** ambiente normal.

e) Aumento da vida útil dos equipamentos – O aumento da vida útil dos equipamentos é um fator que, na maioria das vezes, não pode ser considerado de forma isolada.

Esse fator, geralmente, é consequência de:

- Redução de custos;
- Qualidade do produto;
- Aumento de produção;
- Efeitos do meio ambiente.

A manutenção preventiva, atuando nesses itens, contribui para o aumento da vida útil dos equipamentos.

f) Redução de acidentes do trabalho – Não são raros os casos de empresas cujo maior problema é a grande quantidade de acidentes. Os acidentes no trabalho causam:

- Aumento de custos;
- Diminuição do fator qualidade;
- Efeitos prejudiciais ao meio ambiente;
- Diminuição de produção;
- Diminuição da vida útil dos equipamentos.

A manutenção preventiva pode colaborar para a melhoria dos programas de segurança e prevenção de acidentes.

Desenvolvimento

Consideremos uma indústria ainda sem nenhuma manutenção preventiva, onde não haja controle de custos e nem registros ou dados históricos dos equipamentos.

Se essa indústria desejar adotar a manutenção preventiva, deverá percorrer as seguintes fases iniciais de desenvolvimento:

- a) Decidir qual o tipo de equipamento que deverá marcar a instalação da manutenção preventiva com base no “feeling” da manutenção e de operação.
- b) Efetuar o levantamento e posterior cadastramento de todos os equipamentos que serão escolhidos para iniciar a instalação da manutenção preventiva (plano piloto).
- c) Redigir o histórico dos equipamentos, relacionando os custos de manutenção (mão-de-obra, materiais e, se possível, lucro cessante nas emergências), tempo de parada para os diversos tipos de manutenção, tempo de disponibilidade dos equipamentos para produzirem, causas das falhas etc.
- d) Elaborar os manuais de procedimentos para manutenção preventiva, indicando as frequências de inspeção com máquinas operando, com máquinas paradas e as intervenções.
- e) Enumerar os recursos humanos e materiais que serão necessários à instalação da manutenção preventiva.
- f) Apresentar o plano para aprovação da gerência e da diretoria.
- g) Treinar e preparar a equipe de manutenção.

Execução de manutenção preventiva

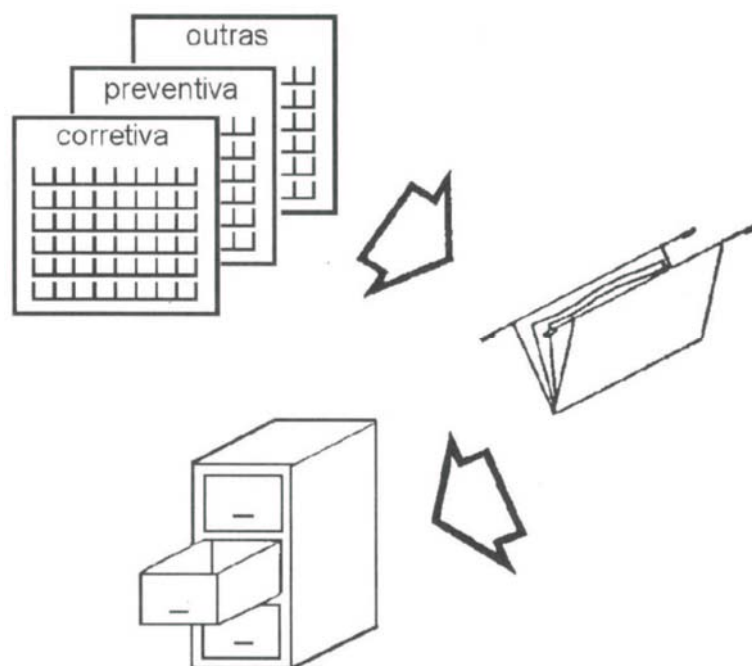
a) Ferramental e pessoal – Se uma empresa contar com um modelo organizacional ótimo, com material sobressalente adequado e racionalizado, com bons recursos humanos, com bom ferramental e instrumental e não tiver quem saiba manuseá-los, essa empresa estará perdendo tempo no mercado. A escolha do ferramental e instrumental é importante, porém, mais importante é o treinamento da equipe que irá utilizá-los.

b) Controle da manutenção – Em manutenção preventiva é preciso manter o controle de todas as máquinas como auxílio de fichas individuais. É por meio das fichas individuais que se faz o registro da inspeção mecânica da máquina e, com base nessas informações, a programação de sua manutenção.

Quando à forma de operação do controle, há quatro sistemas: **manual, semi-automatizado, automatizado e por microcomputador.**

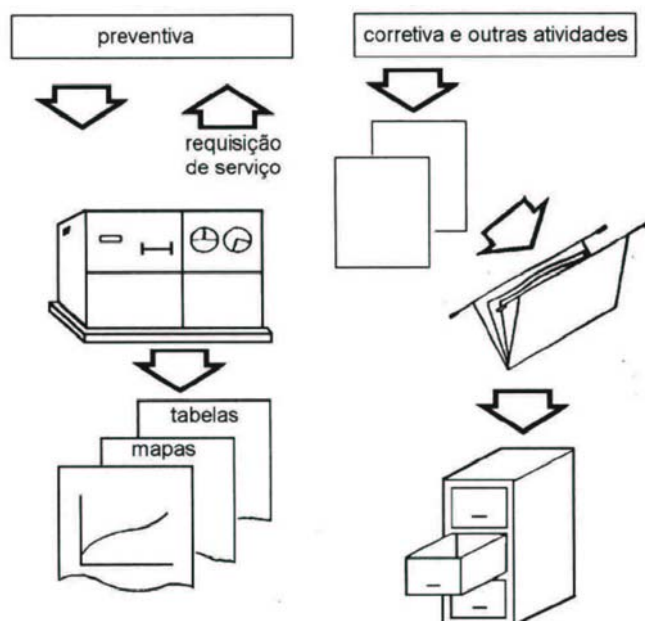
Controle manual – É o sistema no qual a manutenção preventiva e corretiva são controladas e analisadas por meio de formulários e mapas, preenchidos manualmente e guardados em pastas de arquivo.

Esquemáticamente:



Controle semi-automatizado – É o sistema no qual a intervenção preventiva é controlada com o auxílio do computador, e a intervenção corretiva obedece ao controle manual.

Esquemáticamente:



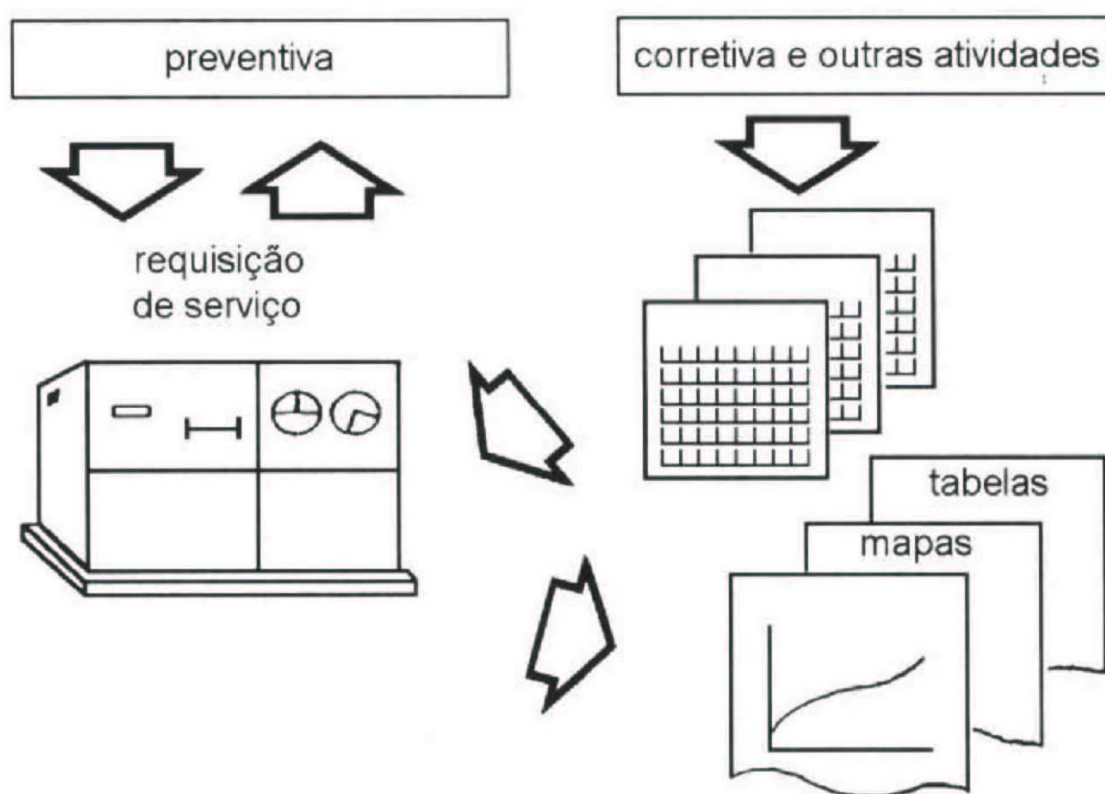
A fonte de dados desse sistema deve fornecer todas as informações necessárias para serem feitas às requisições de serviço, incluindo as rotinas de inspeção e execução. O principal relatório emitido pelo computador deve conter, no mínimo:

- O tempo previsto e gasto;
- Os serviços realizados;
- Os serviços reprogramados (adiados);
- Os serviços cancelados.

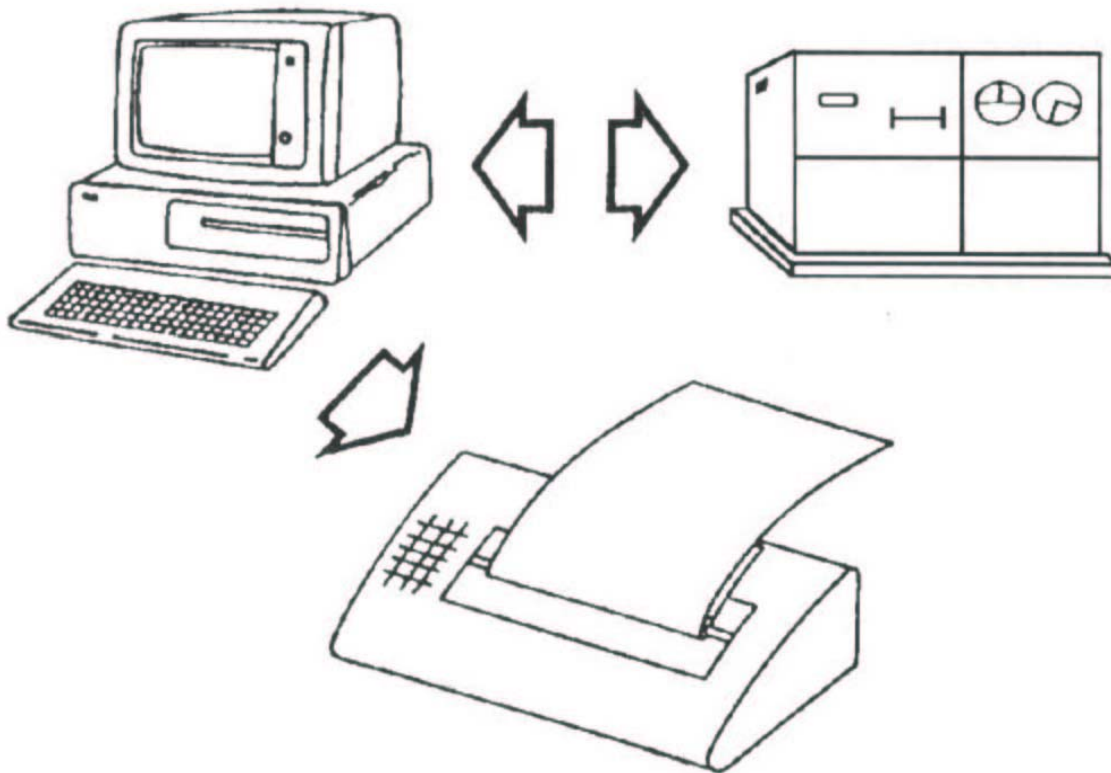
Esses dados são fundamentais para a tomada de providências por parte da supervisão.

Controle automatizado – É o sistema em que todas as intervenções da manutenção têm seus dados armazenados, para que se tenham listagens, gráficos e tabelas para análise e tomada de decisões, conforme a necessidade e conveniência dos vários setores da manutenção.

Esquemáticamente.



Controle por microcomputador – É o sistema no qual todos os dados sobre as intervenções da manutenção ficam armazenados no microcomputador. Esses dados são de rápido acesso através de monitor de vídeo ou impressora.



MANUTENÇÃO PREDITIVA

Conceito de manutenção preditiva

A tecnologia preditiva consiste na eliminação das paradas em emergência dos equipamentos pelo acompanhamento das condições das máquinas, identificando problemas e determinando o tempo em que a ação corretiva deverá ser executada. A base da técnica preditiva é que a maioria dos componentes “enfermos” apresenta algum “sintoma” que indica a iminência de uma falha. Os sintomas podem ser: alteração do nível de vibração, calor, alteração de espessura, presença de partículas de desgaste no óleo lubrificante, etc.

Portanto manutenção preditiva é aquela que indica as condições reais de funcionamento das máquinas com base em dados que informam o seu desgaste ou processo de degradação.

Trata-se da manutenção que prediz o tempo de vida útil dos componentes das máquinas e equipamentos e as condições para que esse tempo de vida seja bem aproveitado.

Na Europa, a manutenção preditiva é conhecida pelo nome de manutenção condicional e nos Estados Unidos recebe o nome de preditiva ou previsual.

Objetivos da manutenção preditiva

Os objetivos da manutenção preditiva são:

- Determinar, antecipadamente, a necessidade de serviços de manutenção numa peça específica de um equipamento;
- Eliminar desmontagens desnecessárias para inspeção;
- Aumentar o tempo de disponibilidade dos equipamentos;
- Reduzir o trabalho de emergência não planejado;
- Impedir o aumento dos danos;
- Aproveitar a vida útil dos componentes e de um equipamento;
- Aumentar o grau de confiança no desempenho de um equipamento ou linha de produção;
- Determinar previamente as interrupções de fabricação para cuidar dos equipamentos que precisam de manutenção.

Por meio desses objetivos, pode-se deduzir que eles estão direcionados a uma finalidade maior e importante:

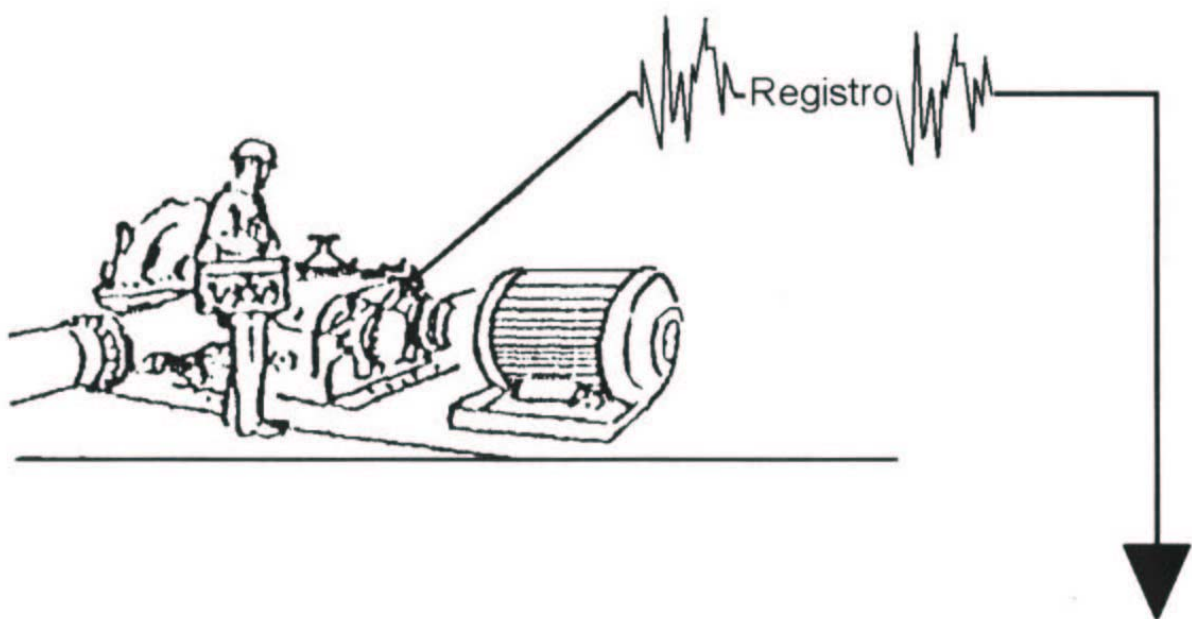
Redução de custos de manutenção e aumento da produtividade.

Execução da manutenção preditiva

Para ser executada, a manutenção preditiva exige a utilização de aparelhos adequados, capazes de registrar vários fenômenos, tais como:

- Vibrações das máquinas;
- Pressão;
- Temperatura;
- Desempenho;
- Aceleração.

Com base no conhecimento e análise dos fenômenos, torna-se possível indicar, com antecedência, eventuais defeitos ou falhas nas máquinas e equipamentos.



A manutenção preditiva, após a análise dos fenômenos, adota dois procedimentos para atacar os problemas detectados: estabelece um diagnóstico e efetua uma análise de tendências.

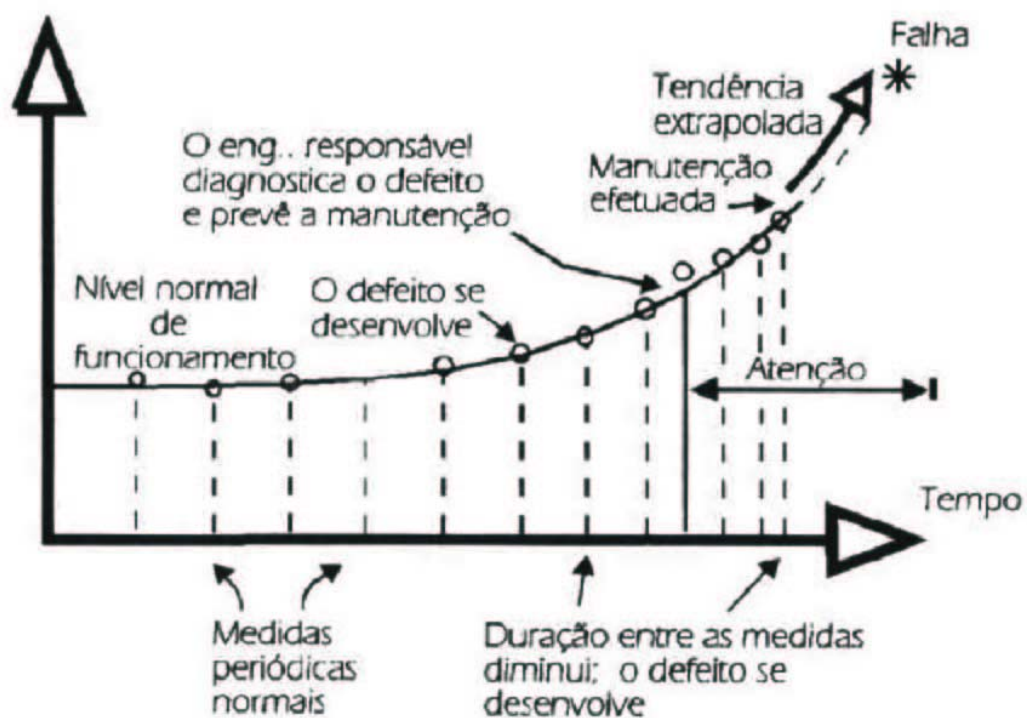
Diagnóstico

Detecta a irregularidade, o responsável terá o encargo de estabelecer, na medida do possível, um diagnóstico referente à origem e à gravidade do defeito constatado. Este diagnóstico deve ser feito antes de se programar o reparo.

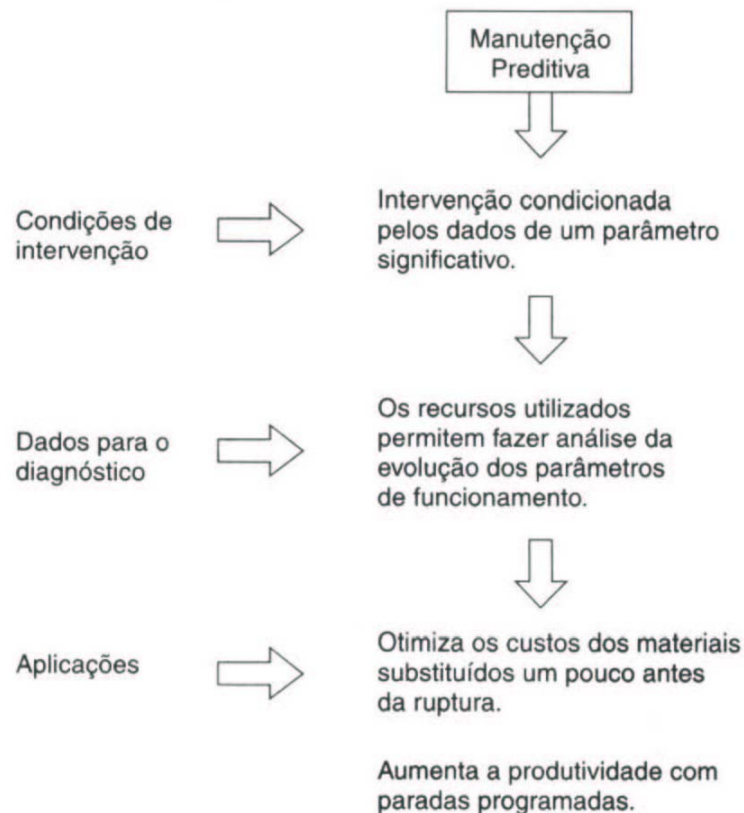
Análise da tendência da falha

A análise consiste em prever com antecedência a avaria ou a quebra, por meio de aparelhos que exercem vigilância constante predizendo a necessidade do reparo.

Graficamente temos:



O esquema a seguir resume o que foi discutido até o momento.



A manutenção preditiva, geralmente, adota vários métodos de investigação para poder intervir nas máquinas e equipamentos. Entre os vários métodos destacam-se os seguintes:

- Estudo das vibrações;
- Análise dos óleos;
- Análise do estado das superfícies
- Análises estruturais de peças.

Estudo das vibrações

Todas as máquinas em funcionamento produzem vibrações que, aos poucos, levam-nas a um processo de deteriorização, portanto é caracterizada por uma modificação da distribuição de energia vibratória pelo conjunto dos elementos que constituem a máquina. Observando a evolução do nível de vibrações, é possível obter informações sobre o estado da máquina.

O princípio de análise das vibrações baseia-se na idéia de que as estruturas das máquinas excitadas pelos esforços dinâmicos (ação de forças) dão sinais vibratórios, cuja frequência é igual à frequência dos agentes excitadores.

Se captadores de vibrações forem colocados em pontos definidos da máquina, eles captarão as vibrações recebidas por toda a estrutura.

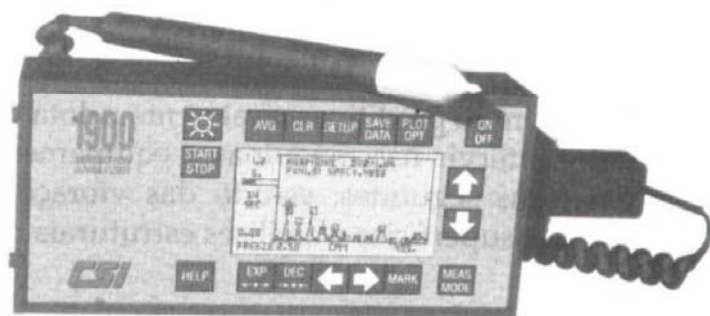
O registro das vibrações e sua análise permitem identificar a origem dos esforços presentes em uma máquina operando.

Por meio da medição e análise das vibrações de uma máquina em serviço normal de produção detecta-se, com antecipação, a presença de falhas que devem ser corrigidas:

- Rolamentos deteriorados;
- Engrenagem defeituosas;
- Acoplamentos desalinhados;
- Rotores desbalanceados;
- Vínculos desajustados;
- Eixos deformados;
- Lubrificação deficiente;
- Folga excessiva em buchas;
- Falta de rigidez;
- Problemas aerodinâmicos;
- Problemas hidráulicos;
- Cavitação.

O aparelho empregado para a análise de vibrações é conhecido como **analisador de vibrações**. No mercado há vários modelos de analisadores de vibrações, dos mais simples aos mais complexos; dos portáteis, que podem ser transportados manualmente de um lado para outro ou até aqueles que são instalados definitivamente nas máquinas com a missão de executar monitoração constante.

Abaixo, um operador usando um analisador de vibrações portátil e, em destaque, o aparelho.



Abaixo outros modelos:



Análise dos óleos

Os objetivos da análise dos óleos são dois: economizar lubrificantes e sanar os defeitos.

Os modernos equipamentos permitem análises exatas e rápidas dos óleos utilizados em máquinas. É por meio das análises que o serviço de manutenção pode determinar o momento adequado para sua troca ou renovação, tanto em componentes mecânicos quanto hidráulicos.

A economia é obtida regulando-se o grau de degradação ou de contaminação dos óleos. Essa regulação permite a otimização dos intervalos das trocas.

A análise dos óleos permite, também, identificar os primeiros sintomas de desgaste de um componente.

A identificação é feita a partir do estudo das partículas sólidas que ficam misturadas com os óleos. Tais partículas sólidas são geradas pelo atrito dinâmico entre peças em contato.

A análise dos óleos é feita por meio de técnicas laboratoriais que envolvem vidrarias, reagentes, instrumentos e equipamentos. Entre os instrumentos e equipamentos utilizados temos viscosímetros, centrífugas, fotômetros de chama, reômetros, espectrômetros, microscópios, etc. O laboratorista, usando técnicas adequadas, determina as propriedades dos óleos e o grau de contaminantes neles presentes.

As principais propriedades dos óleos que interessam em uma análise são:

- Índice de viscosidade;
- Índice de acidez;
- Índice de alcalinidade;
- Ponto de fulgor;
- Ponto de congelamento.

Em termos de contaminação dos óleos, interessa saber quanto existe de:

- Resíduos de carbono;
- Partículas metálicas;
- Água.

Assim como no estudo das vibrações, a análise dos óleos é muito importante na manutenção preditiva. É a análise que vai dizer se o óleo de uma máquina ou equipamento precisa ou não ser substituído e quando isso deverá ser feito.

Análise do estado das superfícies

A análise das superfícies das peças, sujeitas aos desgastes provocados pelo atrito, também é importante para se controlar o grau de deteriorização das máquinas e equipamentos.

A análise superficial abrange, além do simples exame visual – com ou sem lupa – várias técnicas analíticas, tais como:

- Endoscopia;
- Holografia;
- Estroboscopia;
- Molde e impressão.

Análise estrutural

A análise estrutural de peças que compõem as máquinas e equipamentos também é importante para a manutenção preditiva. É por meio da análise estrutural que se detecta, por exemplo, a existência de fissuras, trincas e bolhas nas peças das máquinas e equipamentos. Em uniões soldadas, a análise estrutural é de extrema importância.

As técnicas utilizadas na análise estrutural são:

- Interferometria holográfica;
- Ultra-sonografia;
- Radiografia (raios x);
- Gamagrafia (raios gama)
- Ecografia;
- Magnetoscopia;
- Correntes de Foucault;
- Infiltração com líquidos penetrantes.

Periodicidade dos controles

A coleta de dados é efetuada periodicamente por um técnico que utiliza sistemas portáteis de monitoramento. As informações recolhidas são registradas numa ficha, possibilitando ao responsável pela manutenção preditiva tê-las em mãos para as providências cabíveis.

A periodicidade dos controles é determinada de acordo com os seguintes fatores:

- Número de máquinas a serem controladas;
- Número de pontos de medição estabelecidos;
- Duração da utilização da instalação;
- Caráter “estratégico ” das máquinas instaladas;
- Meios materiais colocados à disposição para a execução dos serviços.

A tabela a seguir mostra um exemplo de um programa básico de vigilância de acordo com a experiência e histórico de uma determinada máquina.

PROGRAMA BÁSICO DE VIGILÂNCIA			
MÉTODOS UTILIZADOS	EQUIPAMENTOS VIGIADOS	EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS	PERIODICIDADE DA VERIFICAÇÃO
Medição de vibração	Todas as máquinas giratórias de potência média ou máxima e/ou equipamentos críticos: <ul style="list-style-type: none"> • motores; • redutores; • compressores; • bombas; • ventiladores. 	Medidor de vibração Analisador Sistema de vigilância permanente	3.000 a 1.500 horas
Medição das falhas de rolamentos	Todos os rolamentos	Medidor especial ou analisador	500 horas
Análise estroboscópica	Todos os lugares onde se quiser estudar um movimento, controlar a velocidade ou medir os planos	Estroboscópio do analisador de vibrações	Segundo a necessidade
Análise dos óleos	<ul style="list-style-type: none"> • Redutores e circuitos hidráulicos • Motores 	Feita pelo fabricante	6 meses
Termografia	<ul style="list-style-type: none"> • Equipamentos de alta-tensão • Distribuição de baixa-tensão • Componentes eletrônicos • Equipamentos com componentes refratários 	Subcontratação ("terceirização")	12 meses
Exame endoscópico	<ul style="list-style-type: none"> • Cilindros de compressores • Aletas • Engrenagens danificadas 	Endoscopia + fotos	Todos os meses

As vantagens da manutenção preditiva são:

- Aumento da vida útil do equipamento;
- Controle dos materiais (peças, componentes, partes etc.) E melhor gerenciamento;
- Diminuição dos custos nos reparos;
- Melhoria da produtividade da empresa;
- Diminuição dos estoques de produção;
- Limitação da quantidade de peças de reposição;
- Melhoria da segurança;
- Credibilidade do serviço oferecido;
- Motivação do pessoal de manutenção;
- Boa imagem do serviço após a venda, assegurando o renome do fornecedor.

Limites técnicos da manutenção preditiva

A eficácia da manutenção preditiva está subordinada à eficácia e à confiabilidade dos parâmetros de medida que a caracterizam.

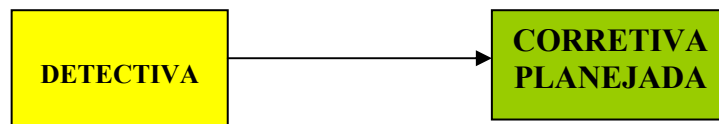
MANUTENÇÃO DETECTIVA

MANUTENÇÃO DETECTIVA é a atuação efetuada em sistemas de proteção ou comando buscando detectarem falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção.

Um exemplo clássico é o circuito que comanda a entrada de um gerador em um hospital. Se houver falta de energia e o circuito tiver uma falha o gerador não entra.

À medida que aumenta a utilização de instrumentação de comando, controle e automação nas indústrias, maior a necessidade da manutenção detectiva para garantir a confiabilidade dos sistemas e da planta.

Esse tipo de manutenção é novo e por isso mesmo muito pouco mencionado no Brasil.



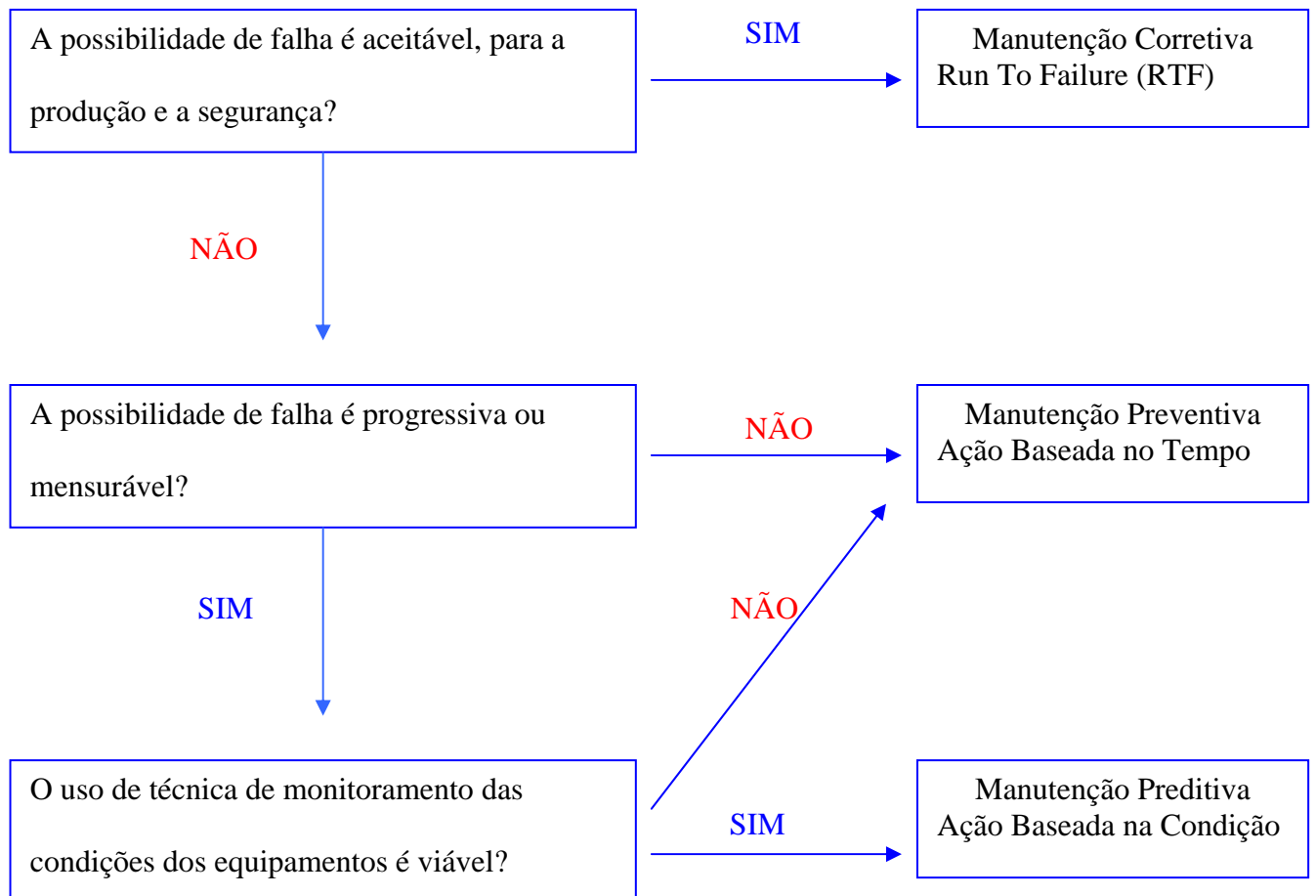
MANUTENÇÃO PRODUTIVA (PROATIVA):

A atuação da manutenção para melhorar o desempenho das máquinas tornou-se muito importante com o aumento da competitividade entre as empresas. A Manutenção Produtiva aplica inúmeras técnicas e ferramentas de análise para alcançar níveis de desempenho superior das máquinas e equipamentos.

Neste método a manutenção deve atuar em todos os estágios da vida de um equipamento, podendo ser aplicado em conjunto com os métodos anteriores, procurando o aumento da confiabilidade.

Todas as vantagens dos métodos anteriores podem ser obtidas com a Manutenção Produtiva garantindo uma melhoria contínua dos parâmetros da manutenção e da operação.

A figura abaixo apresenta uma metodologia para a escolha do método de manutenção mais adequado.



A MANUTENÇÃO PROATIVA OU PRODUTIVA PODE EXISTIR EM TODOS OS MÉTODOS

Escolha do Método de Manutenção

ORGANIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO

Condições Básicas:

O bom funcionamento de qualquer tipo de estrutura adotada para a manutenção de uma empresa depende de alguns fatores básicos que serão determinantes para a qualidade e agilidade dos serviços. Os itens fundamentais para a organização da manutenção são descritos a seguir:

a) Formação de arquivo de catálogos: Uma boa manutenção depende muito de um bom estoque de sobressalentes. A qualidade do material é o principal fator a ser considerado, sendo função da manutenção a atualização das especificações com o mercado de fornecedores. A forma ideal de se conseguir tal intento é através de um arquivo de catálogos bem montado e atualizado. Para isso é preciso estabelecer: tipo de arquivo a ser adotado, tipo de controle, sistema de contato com fornecedores e sistema de difusão da informação. Atualmente, a disponibilidade de informações através da internet vem determinando novos procedimentos para a formação de arquivo de catálogos através do meio eletrônico.

b) Formação de arquivo de desenhos e manuais: O arquivo de desenhos dos equipamentos e instalações é muito importante para as atividades de manutenção. Em muitos casos a obtenção de desenhos de detalhes dos equipamentos é difícil, pois se trata muitas vezes da tecnologia do fornecedor que não é vendida com o equipamento. Os fatores que devem ser considerados para a formação do Arquivo de Desenhos são: arquivo de originais, arquivo de cópias para o escritório técnico e o arquivo de oficinas. Atualmente, com os processos de digitalização das informações técnicas, a maioria das empresas tem disponíveis os desenhos através de “rede interna”, facilitando a transmissão da informação entre os diversos setores.

c) Treinamento para o pessoal de manutenção: O treinamento para o pessoal de manutenção deve, evidentemente, ser dividido entre os diversos níveis profissionais e em características técnicas. Um treinamento só pode ser eficiente e produtivo quando bem planejado, bem dosado e bem dirigido. O importante na realização do treinamento do pessoal é que sejam atingidos os objetivos certos para as necessidades mais prementes da empresa. Tais objetivos podem ser descritos como: suprir deficiências do mercado de mão de obra; especializar pessoal em equipamentos específicos do processo industrial; integrar o homem aos procedimentos da empresa; capacitar funcionários para novas funções; qualificar a mão de obra e reduzir as possibilidades de acidentes.

O treinamento para o pessoal da manutenção deve abranger cursos para mão de obra especializada e cursos para estagiários, fazendo-os passar por uma fase de recuperação de componentes, acompanhado de um curso técnico a respeito, reformas de equipamentos em oficina, instalações de equipamentos, serviços de prevenção da manutenção, para depois passar a níveis de manutenção preventiva e corretiva de emergência.

d) Serviços de escritório técnico de manutenção: Um escritório técnico de manutenção deverá ser composto de engenharia de manutenção, projetos e arquivos. Em muitos casos, admitiram-se ainda os setores de planejamento e suprimentos normalmente subordinados à engenharia industrial.

Funções da engenharia de manutenção são:

- Manter a eficiência da manutenção em níveis aceitáveis;
- Analisar a procedência e causa das manifestações que provocam os serviços de manutenção;
- Classificar, padronizar, simplificar e codificar os materiais de manutenção;

- Estudar e planejar reformas, grandes paradas e períodos de preventiva com a operação;
- Estudar e determinar contratação de serviços de terceiros, verificando a viabilidade;
- Analisar a aplicação de novos materiais;
- Recomendar os itens críticos que devem ser mantidos em estoque;
- Assessorar tecnicamente os demais setores da empresa;
- Indicar os métodos de manutenção a ser aplicados.

Funções da equipe de projetos:

- Supervisionada pela Engenharia de Manutenção;
- Manter a atualização de todos os desenhos mediante solicitação;
- Executar projetos de instalações ou de serviços de prevenção de manutenção;
- Preparar normas e padrões de desenhos e especificações para componentes e equipamentos.

Funções da equipe de arquivos:

- Manter controle e organização de arquivos de desenhos, manuais e catálogos;
- Atender e controlar requisições de cópias, empréstimos de catálogos e manuais;
- Conservar o arquivo de modo geral.

Funções da equipe de planejamento:

- Controlar a documentação de serviços de manutenção vendidos à operação e administração;
- Planejar serviços pendentes, procurando atingir os melhores índices;
- Preparar e distribuir informações de controle das atividades de manutenção;
- Planejar, programar e coordenar as requisições de serviços para os grupos de manutenção.

Funções da equipe de suprimentos:

- Manter um fluxo de compra eficiente;
- Efetuar controle de estoques, e também os materiais não de estoque;
- Inspeccionar a aplicação de padronização de especificação e utilização;
- Analisar os processos de compra;
- Analisar os pedidos de urgência.

Estabelecidas as condições básicas para o funcionamento da manutenção deve-se estabelecer a melhor forma de organização física e administrativa do departamento de manutenção da empresa. As organizações de manutenção, além do plano hierárquico e funcional, podem ter sua característica organizacional principal determinada em função das necessidades físicas e geográficas da empresa. As empresas de ônibus interestaduais, por exemplo, são obrigadas a dispor de várias oficinas de manutenção em diversos pontos do território nacional. Ainda assim, pode-se esperar que exista uma oficina central para efetuar os grandes serviços e que outras oficinas sejam menores para os pequenos reparos, revisões de rotina e serviços imprevistos. Existem diversos fatores que influem e determinam o organograma de um departamento de manutenção, onde cada caso tem vantagens e desvantagens. Da sua correta avaliação é que pode surgir, para cada caso, uma estrutura mais adequada, permitindo assim que seu gerente possa tirar o máximo de suas instalações, de seu pessoal e de seus recursos. Os fatores mais importantes neste aspecto são a disposições físicas da fábrica – layout, o nível das indisponibilidades e o custo das mesmas.

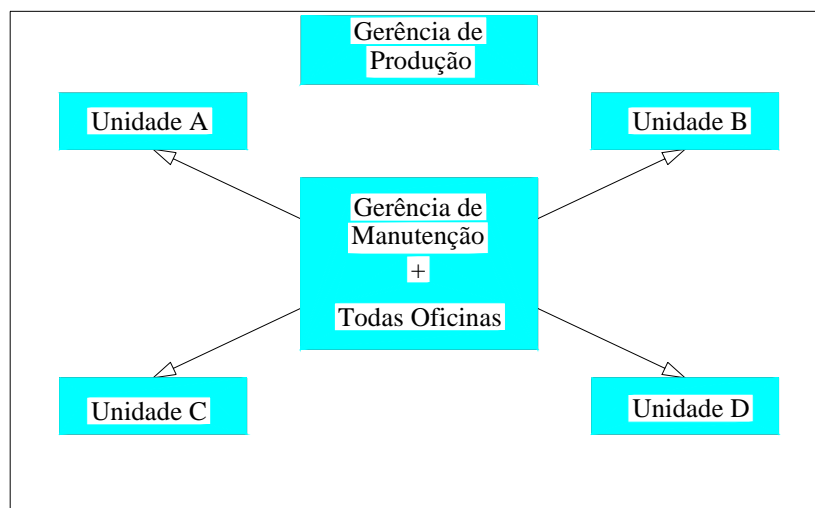
Quando a carga de trabalho de uma fábrica contiver uma distribuição geográfica muito ampla e uma alta programação de trabalhos de emergência de alto custo, convém descentralizar permanentemente a mão de obra. Inversamente, se a carga de trabalho for localizada a centralização das equipes de manutenção contribui para uma melhor utilização dos recursos disponíveis. O objetivo básico consiste em obter equipes de trabalho de porte e de estrutura tais que tornem mínimo o custo total da mão de obra e dos tempos de espera e dos deslocamentos. Não existe uma estrutura ideal para a manutenção. Cada situação deve ser adequada às peculiaridades que lhe são próprias tanto do ponto de vista de complexidade dos trabalhos como dos recursos disponíveis. Qualquer que seja a forma de organização da manutenção os princípios básicos de administração devem ser aplicados para alcançar os resultados planejados, estes princípios são:

- **Autoridade:** poder de administrar e dar ordens. Contratar, demitir, assumir riscos, etc.
- **Responsabilidade:** consequência natural da autoridade.
- **Alcance do controle:** capacidade de supervisionar. O número ideal esta entre 4 e 8 pessoas.
- **Cadeia de comando:** reduzir o número de níveis hierárquicos.
- **Unidade de comando:** as divisões claras de autoridades são fundamentais.

MANUTENÇÃO CENTRALIZADA:

Instalações Centralizadas:

Nesta organização todo o pessoal de manutenção está localizado numa mesma área, normalmente sob a responsabilidade de um supervisor. O departamento de manutenção não está ligado a nenhum departamento da fábrica. A maior parte do efetivo do departamento atende a todas as necessidades de manutenção em qualquer área útil fabril. O planejamento geral da manutenção preventiva e corretiva, os registros de ocorrências, os arquivos e as decisões de compras, dos escritórios às máquinas, ficam sob uma única responsabilidade. A capacidade ociosa pode ser perfeitamente controlada, salvo em casos de trabalhos específicos tais como lubrificação, inspeção, revisão, desmontagem e regulagem das máquinas. As utilidades, isto é, eletricidade, água, ar comprimido, vapor, etc., em quase todas as áreas da fábrica, podem ser atendidas por uma só equipe. Da oficina centralizada partem todos os mecânicos e eletricitas para trabalhar em todo e qualquer ponto da fábrica, retornando para o mesmo local após a conclusão dos serviços. Neste local informam os resultados dos serviços realizados e recebem as novas instruções de programação. As vantagens e desvantagens desta organização são descritas a seguir:



Organização das Instalações na Manutenção Centralizada

a) Vantagens:

- Mão-de-obra agrupada por especialidades;
- Maior rapidez às solicitações;
- Melhor visualização para contratar mão de obra;
- Facilidade de recrutar mão de obra para deslocamentos internos;
- Redução de custos pelo aproveitamento de pessoal;
- Redução da mão de obra sub-contratada;
- Maior facilidade na aquisição de equipamentos externos;
- Solução de problemas similares em toda fábrica;
- Troca de experiências entre especialistas;
- Maior camaradagem entre equipes;
- Agrupa todas as informações sobre manutenção; fichas, desenhos, registros e suprimentos.

b) Desvantagens:

- Tempo perdido nos deslocamentos;
- Baixa eficiência da equipe;
- Tempo gasto nos deslocamentos pode ser excessivo;
- Tempo de resposta pode ser intolerável;
- Supervisão mais difícil;
- Maior quantidade de encarregados e mestres;
- Tempo para familiarizar com toda a fábrica;
- Disponibilidade dos especialistas.

Administração de Manutenção Centralizada:

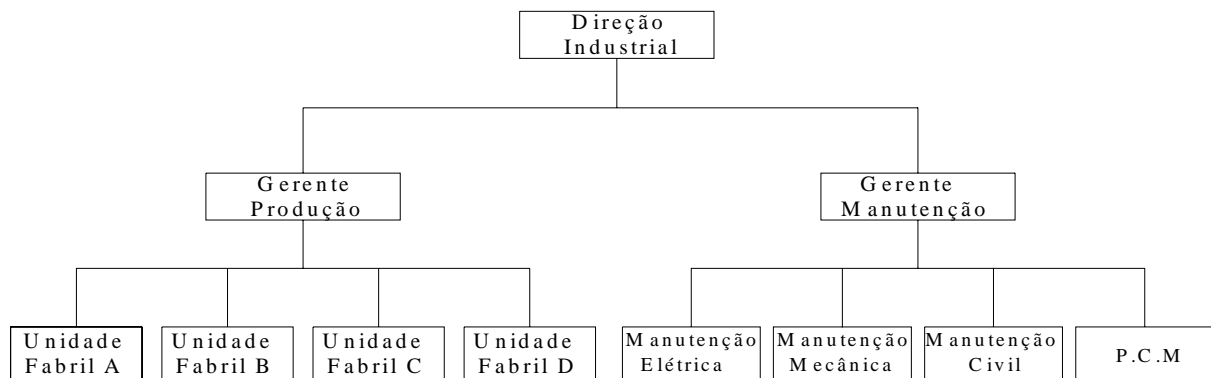
Normalmente quando se opta por uma instalação de manutenção centralizada, deve-se ter também uma administração centralizada, porém não obrigatoriamente. Este tipo de organização caracteriza-se por ter um grupo de manutenção dotado de setores específicos – elétricos, mecânico, civil, etc – independentes e prontos para atuarem nas diversas unidades da fábrica, em função do ocorrido e orientados segundo um setor específico de PCM – Planejamento e Controle de Manutenção. Assim a figura a seguir explicita o organograma de uma estrutura administrativa centralizada.

a) Vantagens:

- Mesmo esquema tático, maior facilidade para atingir metas;
- Maior envolvimento do PCM com todas as unidades;
- Facilidade de apoio de outras equipes;
- Melhor conhecimento dos problemas comuns às unidades.

b) Desvantagens:

- Exige PCM bem entrosado para um planejamento eficiente;
- Maior envolvimento do gerente de manutenção;
- Maior integração do gerente com sua equipe.

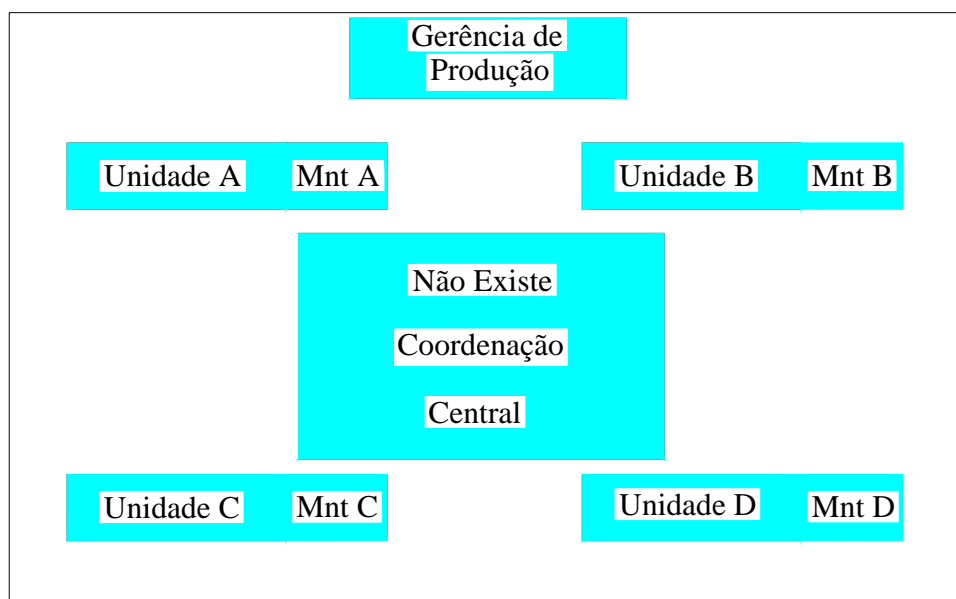


Estrutura Administrativa da Manutenção Centralizada

MANUTENÇÃO DESCENTRALIZADA:

Instalações Descentralizadas:

Os principais objetivos da manutenção descentralizada são a melhora e a maior agilidade no atendimento das unidades de produção, principalmente naquelas que ocupam grandes áreas físicas, ou que tem grande diversidade de equipamentos para os diferentes estágios da produção. Este caso ocorre principalmente nas unidades siderúrgicas. As vantagens e desvantagens deste tipo de organização são descritas a seguir:



Organização das Instalações na Manutenção Descentralizada

a) Vantagens:

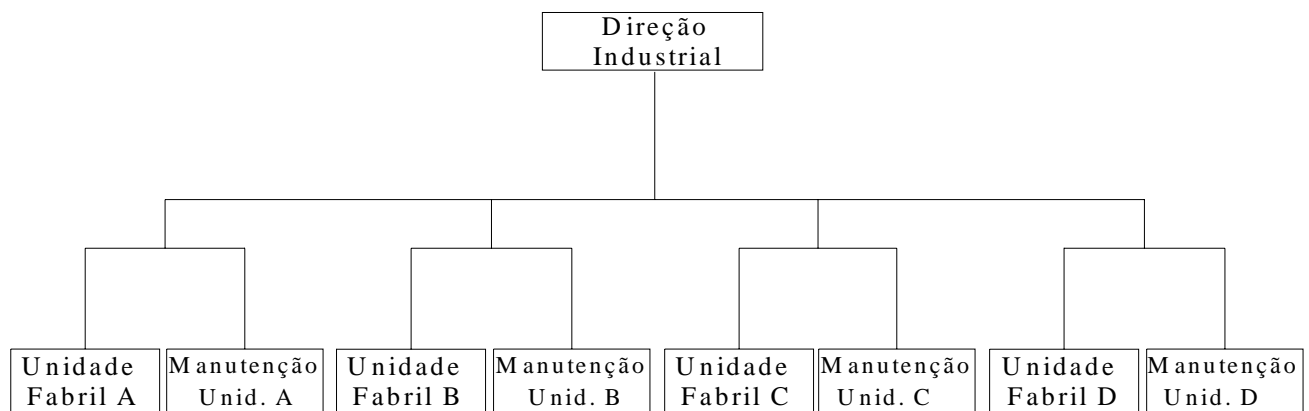
- Tempo de deslocamento reduzido;
- Respostas mais rápidas às solicitações;
- Supervisão mais fácil e mais eficiente;
- Maior compreensão dos equipamentos pelas equipes de manutenção;
- Simplicidade na programação dos trabalhos;
- Agilidade dos reparos;
- As mudanças nas linhas de produção são absorvidas mais rapidamente.

b) Desvantagens:

- Menor flexibilidade para o atendimento de serviços especiais;
- Tensão entre supervisores: pessoal se deslocando para outras áreas;
- Tendência em superdimensionar a equipe. Maior burocracia com subdivisões hierárquicas;
- Aquisição de equipamentos idênticos para diferentes áreas;
- Dificuldades para contratar especialistas.

Administração de Manutenção Descentralizada:

Neste caso o gerenciamento é exercido por duas ou mais pessoas, colocadas em áreas diferentes, porém com os mesmos níveis hierárquicos, conforme mostra a figura a seguir:



Estrutura Administrativa da Manutenção Descentralizada

a) Vantagens:

- Menor área de ação;
- Melhor contato do gerente com problemas;
- Um PCM para cada área;
- Maior facilidade na preparação de programas.

- Desvantagens:
- Perda da visão de conjunto da manutenção;
- Diferentes critérios de gerenciamento: apurações, índices, comandos e PCM.

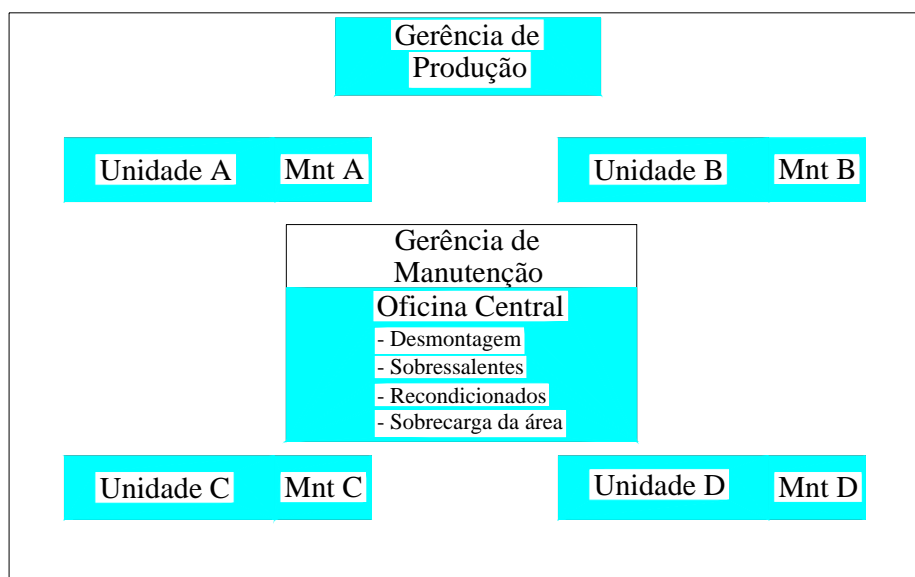
SISTEMA MISTO OU PARCIALMENTE DESCENTRALIZADO:

Instalações Mistas:

Neste caso a fábrica possui várias oficinas de manutenção para realizar serviços de emergência e de maior prioridade e uma oficina central para realizar os serviços mais importantes. Nesta oficina central ficam alojados os recursos mais caros tais como: guindastes, empilhadeiras, tornos, fresas, retíficas, instrumentos de controle dimensional e outros itens importantes para execução de serviços de manutenção. A oficina de instrumentação normalmente é totalmente centralizada, devido os recursos necessários e a maior racionalização.

As funções básicas da oficina central são:

- Atuar como reserva de mão de obra para as equipes das áreas;
- Executar os principais trabalhos de desmontagem e recondicionamento;
- Atuar como base de apoio para serviços centralizados, tais como: equipes de utilidades, equipes de lubrificação, equipes de manutenção preventiva e equipes de inspeção.
- Planejar e coordenar o trabalho de manutenção contratado externamente.



Organização das Instalações na Manutenção Mista

a) Vantagens:

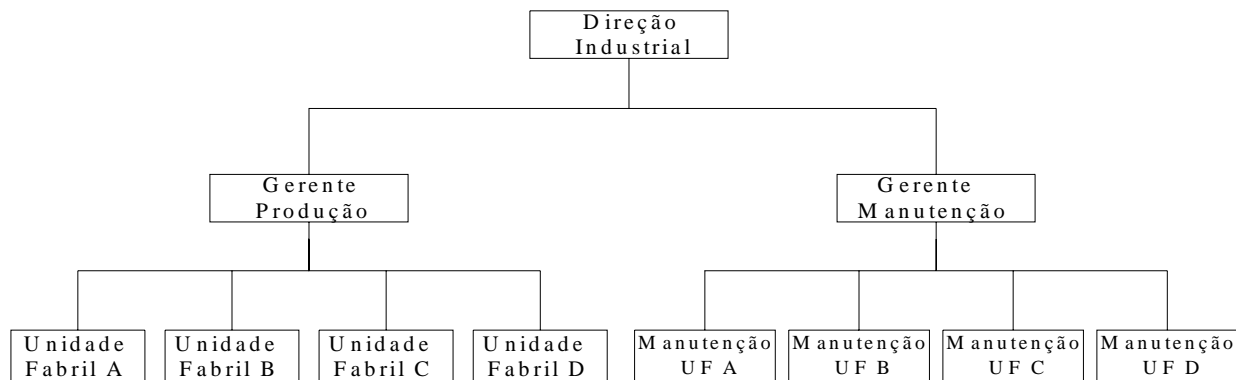
- Combinam as vantagens das instalações centralizadas e descentralizadas, proporcionando um atendimento adequado à unidade fabril;
- Permite uma melhor adaptação dos recursos de acordo com as necessidades específicas de cada empresa.

b) Desvantagens:

- Podem combinar as desvantagens de sistemas centralizados e descentralizados, necessitando um gerenciamento adequado para otimizar o uso deste sistema.

Administração do Sistema Misto:

Este sistema supõe que a empresa tenha diversas unidades fabris divididas de acordo com sua tarefa e sua manutenção específica, cujo organograma segue a estrutura de produção. Normalmente é utilizado onde as instalações são descentralizadas, mas se deseja uma só linha de conduta em toda a manutenção. Esta organização é a mais recomendada para as grandes instalações fabris, com unidades diversificadas na linha de produção.



Estrutura Administrativa da Manutenção Mista

MANUTENÇÃO NA HIERARQUIA DA EMPRESA:

Existem diversas formas de subordinação da manutenção dentro da empresa, principalmente em decorrência do processo de evolução das atividades industriais. Os tipos de situações encontradas atualmente são:

1) Subordinação ao Órgão de Produção: Esta forma é a mais antiga e a menos usada atualmente. Para muitos autores esta forma de organização traduz a vontade latente do pessoal da produção dominar todas as atividades de apoio de suas unidades.

a) Vantagens:

- Existe somente um responsável pelo sucesso ou insucesso de metas de produção. Compete ao gerente de produção definir metas e ciclos de trabalho bem como rotinas de manutenção.

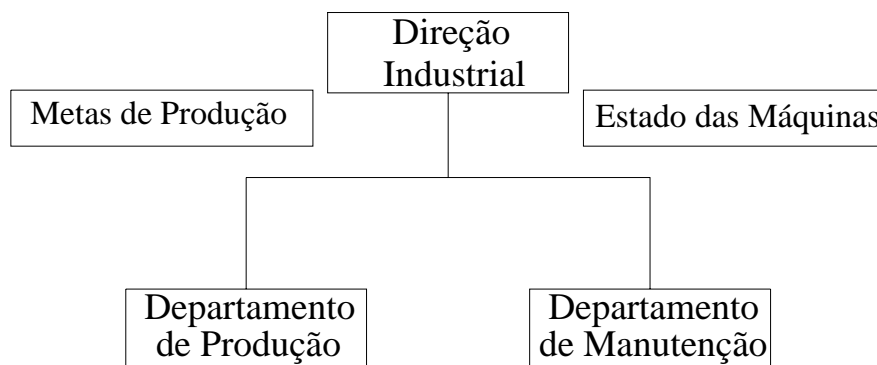
b) Desvantagens:

- As metas imediatas de produção podem levar a supervisão a determinar redução nas rotinas de manutenção, com o conseqüente comprometimento de metas futuras, aumento de quebras e baixos padrões de confiabilidade;
- Os encarregados de produção normalmente não possuem formação adequada para orientar trabalhos de manutenção;
- Em médio prazo haverá rotatividade do pessoal mais competente que trabalha na manutenção em busca de melhores posições em outras empresas.

2) Subordinação ao Órgão de Engenharia: Nesta formação os profissionais de manutenção encontram alguma afinidade. Porém, para situações críticas, onde são necessárias soluções imediatas, podem surgir alguns problemas. Os profissionais de manutenção, pela própria natureza de suas atividades, são pessoas práticas e poderão ter problemas com especialistas em projetos que costumam utilizar muito tempo em estudos de detalhes de sua especialidade.

3) Subordinação à Direção Industrial: Esta é a posição mais aceita atualmente. Os profissionais de manutenção têm a sua frente melhores perspectivas de carreiros e melhores níveis hierárquicos. A direção industrial deverá estabelecer as metas de produção e as diretrizes operacionais, ouvindo o seu departamento de produção explicar a capacidade das máquinas, posteriormente deverá consultar a manutenção sobre as condições reais do equipamento.

A figura abaixo, ilustra este tipo de subordinação.



Modelo de Subordinação Hierárquica da Manutenção

GERÊNCIA DA MANUTENÇÃO NA EMPRESA:

A Gerência significa a capacidade de dirigir, administrar e governar. A Gerência de Manutenção representa atos, normas e instruções de um sistema de manutenção integrado como um todo, servindo à própria manutenção. A finalidade da gerência de manutenção é definir metas e objetivos para aproveitamento de recursos disponíveis: homens, máquinas e materiais. Os requisitos exigidos pela gerência de manutenção são: estrutura adequada e equipe específica.

Para a formação de uma estrutura competente de manutenção são necessários os seguintes requisitos de seus profissionais:

1) Requisitos do Homem de Manutenção:

- Conhecimento do equipamento (Treinamento);
- Conhecimento detalhado das limitações do equipamento (Capacidade);
- Conhecimento dos diversos métodos de manutenção;
- Conhecimento dos limites de crescimento do projeto (Aumento de Capacidade);
- Conhecimento dos limites de reparo do equipamento (Manutenibilidade);
- Conhecimento dos limites de serviço do equipamento (Confiabilidade).

2) Requisitos do Gerente de Manutenção:

- Conhecimento técnico adequado à empresa;
- Sólidos conhecimentos de PCP e PCM;
- Exercer supervisão adequada: nem feitor de escravos nem chefe bonzinho; sem omissões ou excessos;
- Decisão correta na hora adequada;
- Comunicabilidade;
- Respeitabilidade;
- Discreto e bem informado sobre os acontecimentos da fábrica;
- Estar atento para a qualidade dos prognósticos emitidos.

3) Requisitos da Equipe de Manutenção:

- Cada equipe tem qualidades próprias e distintas;
- Criatividade;
- Qualidade de diálogo;
- Qualidade de informação.

O Gerenciamento inadequado da manutenção pode ser facilmente detectado em uma empresa.

Os principais sintomas são:

- Tempo de parada de produção muito grande, afetando os custos de produção;
- Baixos níveis de produção, oriundos de falhas constantes nos equipamentos;
- Planejamento da produção ineficiente, devido à baixa confiabilidade dos equipamentos;
- Custos crescentes da manutenção, às vezes por razões desconhecidas.

Quando os resultados da manutenção da empresa não são adequados deve-se avaliar o potencial da relação entre o prejuízo do sistema atual e a necessidade do investimento para um novo modelo. Neste momento deve ser avaliado o quanto a empresa pode suportar em prejuízos por não possuir um bom sistema de manutenção. As degradações do equipamento são acumulativas e colocam em risco progressivo a produção das unidades, podendo conduzir até mesmo à inviabilidade operacional.

PLANEJAMENTO E PROGRAMAÇÃO DA MANUTENÇÃO:

A organização da manutenção procura garantir o uso racional dos recursos, garantindo uma boa distribuição da carga de trabalho entre as equipes e procurando qualidade e eficiência dos resultados. Estes fatores podem ser considerados como sendo os aspectos estáticos do gerenciamento da manutenção.

O estabelecimento de ferramentas e procedimentos eficazes de planejamento, programação e controle dos serviços de manutenção são considerados os aspectos dinâmicos do gerenciamento. A função destes procedimentos é garantir que recursos adequados estejam no lugar certo, para executar um trabalho pré-determinado de maneira correta, na ocasião oportuna e dentro do menor custo global.

Fundamentos do Planejamento da Manutenção:

Para que um sistema de planejamento seja eficaz, é necessário que sejam observados os princípios básicos de controle dos trabalhos que podem assim ser descritos:

1. O planejador deve ter autoridade ou acesso a ela para tomar decisões que influenciem a carga de trabalho ou os recursos disponíveis, bem como a designação das prioridades;
2. O planejador deve dispor de informações corretas e atualizadas, seja da carga de trabalho, seja dos recursos disponíveis;
3. As áreas de responsabilidade e as linhas de comunicação entre os níveis de planejamento devem ser definidas com clareza.

Seja por exemplo uma situação de reparo representada pelo esquema abaixo:

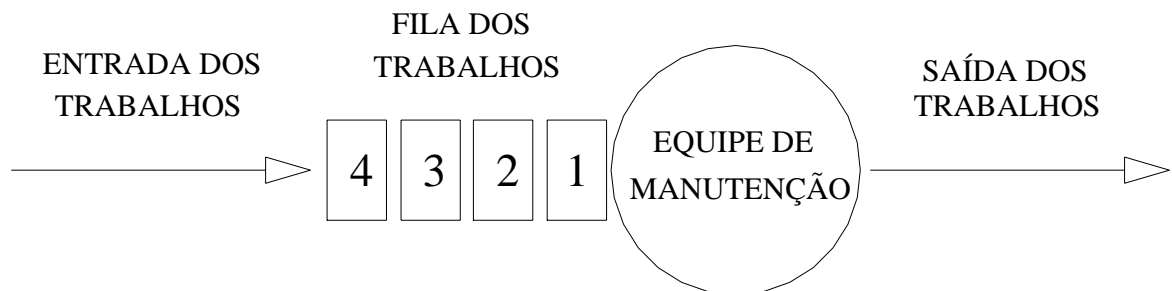


Figura 12: Carteira de Trabalhos da Manutenção

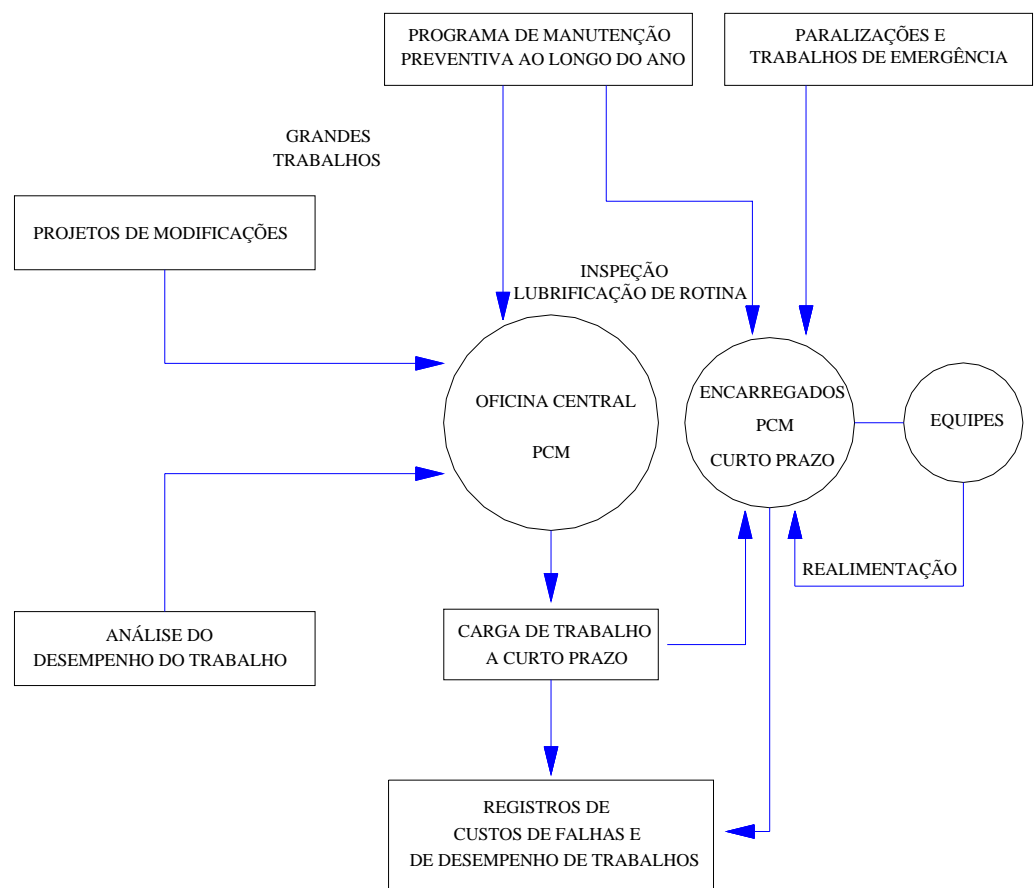
A função do departamento de manutenção, nessa situação, consiste em cada caso dos trabalhos aguardando na fila:

1. Localizar o defeito – Serviço de Engenharia;
2. Diagnosticar o problema – Serviço de Engenharia;
3. Recomendar a ação necessária para corrigir o defeito – Serviço de Engenharia;
4. Decidir sobre a prioridade do trabalho – Serviço de Planejamento;
5. Planejar os recursos necessários à sua execução – Serviço de Planejamento;
6. Programar o trabalho – Serviço de Planejamento;
7. Emitir instruções sobre o serviço – Serviço de Planejamento;
8. Verificar o trabalho – Serviço de Engenharia.

As etapas acima numeradas são umas combinações de serviços de engenharia e de planejamento. Assim, para que essas etapas possam ser planejadas com detalhes e programadas com alguma antecedência, deve-se partir das seguintes premissas:

1. Determinar um programa de trabalho de manutenção preventiva, ao longo do ano, em cargas semanais;
2. Atender os projetos de modificações de fábrica, solicitados por ordens de serviço (OS);
3. Atender as paralisações e trabalhos de emergência.

Neste caso, a tarefa básica do órgão de planejamento consiste em prever e programar esses trabalhos e outros, de manutenção preventiva e corretiva, encaminhando-os aos encarregados sob a forma de (OS) de uma forma adequada ao seu planejamento e em curto prazo. Esquemáticamente, tem-se:



Fluxo de Trabalhos da Manutenção

Do esquema apresentado, pode-se afirmar que:

- Uma ordem de serviço pode ser executada pelo encarregado durante e após a paralisação, sendo utilizada neste caso, principalmente como realimentação do controle dos trabalhos;

- As ligações entre as equipes e sua supervisão e entre esta e o planejamento devem ser diretas, a fim de melhor acompanhar:
 - ✓ A prioridade das paralisações;
 - ✓ A eventual escassez de recursos;
 - ✓ Os trabalhos adicionais necessários;
 - ✓ Os trabalhos por concluir.

O problema de planejamento de manutenção se resume na investigação de um programa de procedimentos que possibilite examinar e conhecer o esforço humano capaz de determinar a melhor maneira para se alcançar um objetivo. Neste caso, não é simplesmente achar uma maneira para se resolver um problema de manutenção, mas a melhor maneira. Para isso, adota-se a seguinte seqüência de ações:

- 1. Selecione** o trabalho, a tarefa ou o problema a ser estudado. Ele poderá afetar um trabalho individual, uma seção de uma fábrica ou até mesmo uma fábrica inteira;
- 2. Defina os Objetivos** que deverão ser alcançados. A realização destes objetivos poderá envolver a utilização de capital, materiais, pessoal, equipamentos, espaço, etc. Poderá exigir um sequenciamento de eventos e a locação das atividades;
- 3. Liste os Fatos Relevantes** utilizando manuais de processo, desenhos de instalações em escala, diagramas indicativos de movimentos e até mesmo técnicas de filmagem;
- 4. Examine** todos estes fatos de uma maneira crítica e sistemática;
- 5. Desenvolva** o melhor método para solucionar o problema;
- 6. Implante** o melhor método, considerando-o como uma prática padrão;
- 7. Mantenha** este novo método implantado e verifique os resultados alcançados através das verificações regulares de rotina.

Registros:

Este é um requisito essencial não só para a manutenção preventiva, como também aos sistemas de manutenção em geral. Cada fábrica deve ser classificada em unidades e itens, identificados de acordo com o processo e sua localização, devendo os registros conter as informações que se seguem:

- 1. Informações gerais sobre a fábrica:** nomes dos fabricantes, nomes dos engenheiros da assistência técnica, dados essenciais da fábrica, disponibilidade de sobressalentes e referências de desenhos e manuais constantes nos arquivos;
- 2. Dados de manutenção preventiva:** descrição dos trabalhos, freqüências, especialidades envolvidas, tempos de execução, etc.
- 3. Histórico da fábrica:** principais trabalhos executados, custos, descrição das paralisações, providências adotadas, etc.

Atualmente sistemas informatizados foram desenvolvidos para o gerenciamento das informações da manutenção. Para a implementação do sistema informatizado é necessário um trabalho de base que requer o cumprimento dos itens descritos acima e de uma série de outros fatores apresentados neste capítulo.

Programação dos Trabalhos:

Os trabalhos de manutenção preventiva devem ser distribuídos ao longo do ano em parcelas semanais, cujo objetivo principal é procurar nivelar a carga de trabalho ao longo do ano. Para isso recorre-se normalmente:

- À confecção de um mapa geral de planejamento anual, incorporando os recursos normalmente disponíveis, deixando-se, onde possível, certa tolerância do tempo;
- Os cartões específicos com instruções básicas dos serviços de manutenção preventiva de cada semana e que podem ser transferidos automaticamente para uma OS (ordem de serviço) e encaminhados ao encarregado para o seu planejamento e programação em curto prazo;
- À determinação de um cronograma de barras (ou servindo-se das técnicas do PERT-CPM) onde estejam indicados os tempos necessários e recursos disponíveis;
- Às folhas de especificações de trabalhos para as atividades principais, contendo instruções detalhadas para pronto acesso das equipes quando necessário.

Realimentação:

A realimentação é necessária tanto para o controle dos trabalhos, como também para o controle da condição da fábrica; de forma semelhante à descrição das falhas, das causas aparentes, das datas das falhas, etc. A OS pode ser projetada para incluir estas informações, mas em muitos casos se utiliza um registro em separado. Estas informações são encaminhadas ao órgão de planejamento para registro e posterior análise. Dadas as dificuldades geralmente encontradas em fazer com que as equipes preencham formulários, as informações solicitadas devem se reduzir a um mínimo essencial.

Programação de Grandes Reparos:

Os grandes reparos dentro de uma empresa de grande porte são feitos, normalmente, dentro de um planejamento anual e específico para os equipamentos importantes e que sofram desgastes sensíveis no decorrer do seu uso. Assim, cabe à gerência de manutenção planejar e programar essas atividades dentro dos critérios de manutenção preventiva impostos pelo fabricante. Neste caso, os critérios e instruções de operações e manutenção deverão ser minuciosamente discutidos com o pessoal de manutenção, no sentido de se prever uma lista de todas as atividades necessárias ao bom desenvolvimento dos trabalhos, bem como a seqüência lógica com que esses trabalhos deverão ser executados.

Para isso, tem sido prática das grandes indústrias executarem o planejamento e a programação de grandes reparos, servindo-se das técnicas do sistema PERT-CPM, elaborando diagramas ou redes bem detalhadas, indicativos das diversas etapas e prazos necessários aos reparos. A experiência também vem mostrando que grandes reparos em equipamentos e instalações em geral, são feitos tendo por base os serviços de uma bem montada oficina central de manutenção e pessoal especializado.

Equipamentos pesados, porém móveis, exigem instalações e equipamentos de apoio específico no interior da oficina central. Nesse caso, o layout da oficina precisa levar em consideração tal circunstância. No caso da oficina de grandes reparos do Metrô, os vagões devem sofrer revisão completa após percorrerem em serviço 10.000 km. Motores de tração são desmontados inteiramente e todas as suas partes são revisadas, dentro de um esquema previamente acertado entre o Metrô e o fabricante. Rodas dos vagões são retiradas, medidas suas folgas e retificadas em máquinas fixas especiais.

Todos esses serviços, bem com a previsão de peças de reposição podem ser programados com a devida antecedência, dentro de um sistema PERT-CPM.

Por outro lado, se a grande parada for necessária numa instalação fixa de grande porte, por exemplo, num alto forno, então cabe à gerência de manutenção providenciar o deslocamento de todos os recursos necessários a essa manutenção, envolvendo materiais, equipamentos, pessoal especializado, encarregados, etc. Analogamente, todas as atividades deste tipo de situação podem e devem ser planejadas e programadas através de um bem elaborado diagrama PERT-CPM, com todas as indicações de previsões, seleção, deslocamentos, instalações provisórias, esperas, atividades básicas, complementares e decisões de aprovação, teste e colocação em serviço.

TPM – PLANEJAMENTO, ORGANIZAÇÃO, ADMINISTRAÇÃO

Durante muito tempo as indústrias funcionaram com o sistema de manutenção corretiva. Com isso, ocorriam desperdícios, retrabalho, perda de tempo e de esforços humanos, além de prejuízos financeiros.

A partir de uma análise desse problema, passou-se a dar ênfase na manutenção preventiva. Com enfoque nesse tipo de manutenção, foi desenvolvido o conceito de **manutenção produtiva total**, conhecido pela sigla **TPM** (total productive maintenance), que inclui programas de manutenção preventiva e preditiva.

A origem da TPM

A manutenção preventiva teve sua origem nos Estados Unidos e foi introduzida no Japão em 1950.

Até então, a indústria japonesa trabalhava apenas com o conceito de manutenção corretiva, após a falha da máquina ou equipamento. Isso representava um custo e um obstáculo para a melhoria da qualidade.

A primeira indústria japonesa a aplicar e obter os efeitos do conceito de manutenção preventiva, também chamada de **PM** (preventive maintenance) foi a Toa Nenryo kogyo, em 1951.

São dessa época as primeiras discussões a respeito da importância da manutenibilidade e suas consequências para o trabalho de manutenção.

Em 1960, ocorre o reconhecimento da importância da manutenibilidade e da confiabilidade como sendo pontos-chave para a melhoria da eficiência das empresas. Surgiu, assim, a manutenção preventiva, ou seja, o enfoque da manutenção passou a ser o de confiança no setor produtivo quanto à qualidade do serviço de manutenção realizado.

Na busca maior da manutenção produtiva, por meio de um sistema compreensivo, baseado no respeito individual e na total participação dos empregados, surgiu a **TPM**, em 1970, no Japão. Nessa época era comum:

- Avanço na automação industrial;
- Busca em termos de melhoria da qualidade;
- Aumento da concorrência empresarial;
- Emprego do sistema “just-in-time”;
- Maior consciência de preservação ambiental e conservação de energia;
- Dificuldades de recrutamento de mão-de-obra para trabalhos considerados sujos, pesados ou perigosos;
- Aumento da gestão participativa e surgimento do operário polivalente.

Todas essas ocorrências contribuíram para o aparecimento da **TPM**.

A empresa usuária da máquina se preocupava em valorizar e manter o seu patrimônio, pensando em termos de custo do ciclo de vida da máquina ou equipamento. No mesmo período, surgiram outras teorias com os mesmos objetivos.

Evolução do conceito de manutenção

O quadro a seguir mostra a evolução do conceito de manutenção ao longo do tempo.

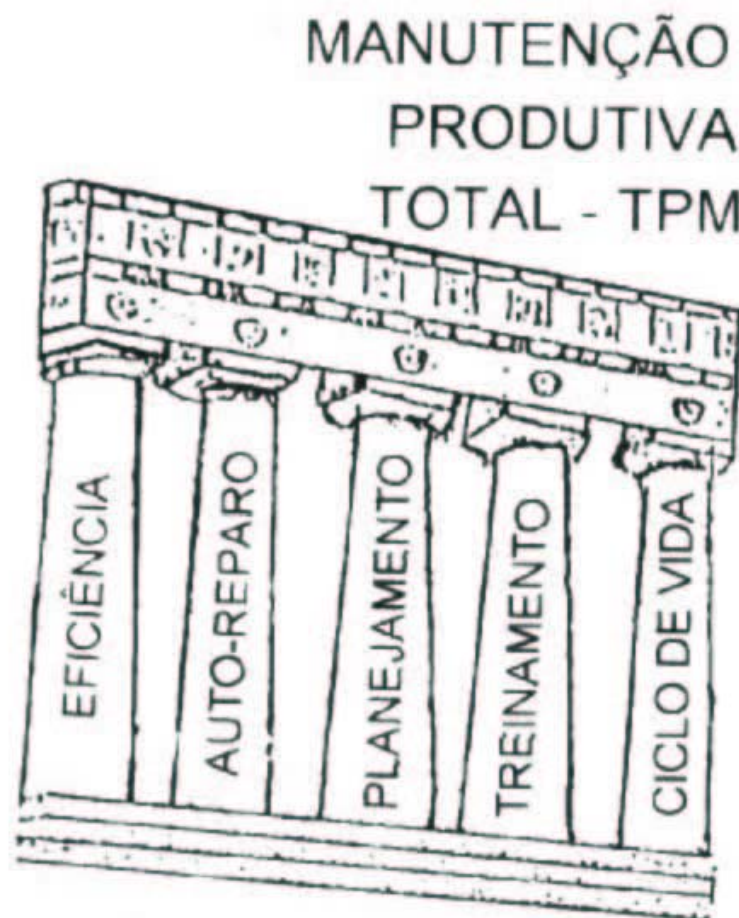
PERÍODOS	ATÉ DÉCADA DE 1950	DÉCADA DE 1950	DÉCADA DE 1960	DÉCADA DE 1980
Estágio Conceitos	Manutenção corretiva	Manutenção preventiva	Manutenção do sistema de produção	Manutenção produtiva total (TPM)
Reparo corretivo	x	x	x	x
Gestão mecânica da manutenção		x	x	x
Manutenções preventivas		x	x	x
Visão sistemática			x	x
Manutenção corretiva com incorporação de melhorias			x	x
Prevenção de manutenção			x	x
Manutenção preditiva				x
Abordagem participativa				x
Manutenção autônoma				x

Os cinco pilares da TPM são as bases sobre as quais construímos um programa de TPM, envolvendo toda a empresa e habilitando-a para encontrar metas, tais como defeito zero, falhas zero, aumento da disponibilidade de equipamento e lucratividade.

Os cinco pilares são representados por:

- Eficiência;
- Auto-reparo;
- Planejamento;
- Treinamento;
- Ciclo de vida.

Esquemáticamente:



Os cinco pilares são baseados nos seguintes princípios:

- Atividades que aumentam a eficiência do equipamento.
- Estabelecimento de um sistema de manutenção autônomo pelos operadores.
- Estabelecimento de um sistema planejado de manutenção.
- Estabelecimento de um sistema de treinamento objetivando aumentar as habilidades técnicas do pessoal.
- Estabelecimento de um sistema de gerenciamento do equipamento.

Objetivos da TPM

O objetivo global da TPM é melhoria da estrutura da empresa em **termos materiais** (máquinas, equipamentos, ferramentas, matéria-prima, produtos etc) e em **termos humanos** (aprimoramento das capacitações pessoais envolvendo conhecimentos, habilidades e atitudes). A meta a ser alcançada é o rendimento operacional global.

As melhorias devem ser conseguidas por meio dos seguintes passos:

- Capacitar os operadores para conduzir a manutenção de forma voluntária.
- Capacitar os mantenedores a serem polivalentes, isto é, atuarem em equipamentos mecatrônicos.
- Capacitar os engenheiros a projetarem equipamentos que dispensem manutenção, isto é, o “ideal” da máquina descartável.
- Incentivar estudos e sugestões para modificação dos equipamentos existentes a fim de melhorar seu rendimento.
- Aplicar o programa dos oito S:
 1. **Seiri** = organização; implica eliminar o supérfluo.
 2. **Seiton** = arrumação; implica identificar e colocar tudo em ordem.
 3. **Seiso** = limpeza; implica limpar sempre e não sujar.
 4. **Seiketsu** = padronização; implica manter a arrumação, limpeza e ordem em tudo.
 5. **Shitsuke** = disciplina; implica a autodisciplina para fazer tudo espontaneamente.
 6. **Shido** = treinar; implica a busca constante de capacitação pessoal.
 7. **Seison** = eliminar as perdas.
 8. **Shikari yaro** = realizar com determinação e união.
- Eliminar as seis grandes perdas:
 1. Perdas por quebra.
 2. Perdas por demora na troca de ferramentas e regulagem.
 3. Perdas por operações em vazio (espera).
 4. Perdas por redução da velocidade em relação ao padrão normal.
 5. Perdas por defeitos de produção.
 6. Perdas por queda de rendimento.

➤ Aplicar as cinco medidas para obtenção da “quebra zero”:

1. Estruturação das condições básicas.
2. Obediência às condições de uso.
3. Regeneração do envelhecimento.
4. Sanar as falhas do projeto (terotecnologia).
5. Incrementar a capacidade técnica.

A idéia da “quebra zero” baseia-se no conceito de que a quebra é a falha visível. A falha visível é causada por uma coleção de falhas invisíveis como um iceberg.



Logo, se os operadores e mantenedores estiverem conscientes de que devem evitar as falhas invisíveis, a quebra deixará de ocorrer.

As falhas invisíveis normalmente deixam de ser detectadas por motivos físicos e psicológicos.

Motivos físicos

As falhas não são visíveis por estarem em local de difícil acesso ou encobertas por detritos e sujeiras.

Motivos psicológicos

As falhas deixam de ser detectadas devido à falta de interesse ou de capacitação dos operadores ou mantenedores.

Manutenção autônoma

Na TPM os operadores são treinados para supervisionarem e atuarem como mantenedores em primeiro nível. Os mantenedores específicos são chamados quando os operadores de primeiro nível não conseguem solucionar o problema. Assim, cada operador assume suas atribuições de modo que tanto a manutenção preventiva como as de rotina estejam constantemente em ação.

Segue uma relação de suas principais atividades:

- Operação correta de máquinas e equipamentos.
- Aplicação dos oito S.
- Registro diário das ocorrências e ações.
- Inspeção autônoma.
- Monitoração com base nos seguintes sentidos humanos: visão, audição, olfato e tato.
- Lubrificação.
- Elaboração de padrões (procedimentos).
- Execução de regulagens simples.
- Execução de reparos simples.
- Execução de testes simples.
- Aplicação de manutenção preventiva simples.
- Preparação simples (set-up).
- Participação em treinamento e em grupos de trabalho.

Efeitos da TPM na melhoria dos recursos humanos

Na forma como é proposta, a TPM oferece plenas condições para o desenvolvimento das pessoas que atuam em empresas preocupadas com manutenção. A participação de todos os envolvidos com manutenção resulta nos seguintes benefícios:

- Realização (autoconfiança)
- Aumento da atenção no trabalho.
- Aumento da satisfação pelo trabalho em si (enriquecimento de cargo).
- Melhoria do espírito de equipe.
- Melhoria nas habilidades de comunicação entre as pessoas.
- Aquisição de novas habilidades.
- Crescimento a através da participação.
- Maior senso de posse das máquinas.
- Diminuição da rotatividade de pessoal.
- Satisfação pelo reconhecimento.

O quadro a seguir apresenta os principais itens de controle que fazem parte do processo e implantação do TPM e serve para avaliar os benefícios alcançados com a implementação do programa.

Fator	Item de Controle
Qualidade	Redução de defeitos
	Redução de produtos fora de especificação
	Redução do número de reclamações internas e externas
	Redução da taxa de rejeito
	Redução dos custos das medidas de correção de defeitos
	Redução do retrabalho
Produtividade	Aumento do volume de produção por operadores
	Aumento do volume de produção por equipamento
	Aumento da disponibilidade do equipamento
	Aumento do TMEF
	Diminuição do TMPR
	Redução das paradas em emergência
Custo	Redução do custo de energia
	Redução do custo de manutenção ao longo do tempo
	Redução das horas trabalhadas de manutenção
	Simplificação do processo
	Redução do volume estocado
Atendimento	Redução dos atrasos
	Redução do estoque final
	Redução do estoque em processo
	Redução do prazo de entrega
	Redução do estoque de sobressalentes
	Aumento da rotatividade dos estoques
Moral	Aumento do número de sugestões de melhorias
	Aumento do número de lições de um ponto
	Redução do absenteísmo
	Redução/eliminação dos acidentes de trabalho
Segurança e Meio Ambiente	Zero Acidentes
	Zero Poluição
	Redução do número de paradas por acidentes
	Eliminação de incidentes

Para finalizar

“A manutenção não deve ser apenas aquela que conserta, mas, sim, aquela que elimina a necessidade de consertar ” (Anônimo).

RCM (RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE):

Fatores como o desgaste, corrosão, fadiga, fenômenos físico-químicos e acidentes, que ocorrem nas partes ou componentes de qualquer equipamento alteram as suas condições normais. Esses fenômenos e eventos que ocorrem durante o uso podem degradar essas condições o suficiente para que os componentes e equipamentos não mais apresentem o desempenho requerido atingindo a falha.

A manutenção está diretamente envolvida com o processo de falha do equipamento. Para isso a função da manutenção é conhecer e dominar estes processos de falha e saber quando e como intervir para atender as necessidades dos usuários.

Durante muitos anos a ação da manutenção foi baseada na troca de componentes, evitando assim a quebra em emergência. Essa fase gerou o conceito de que os equipamentos tornam-se menos confiáveis na medida em que o tempo de operação, ou idade, aumenta. Assim a grande preocupação da manutenção era conhecer a idade na qual os itens iriam falhar – vida útil – para estabelecer ações de manutenção que se antecipasse à quebra. Este conceito estabelecia que a confiabilidade estivesse diretamente relacionada com o tempo de uso. Neste período o número de modos de falhas era reduzidos e bem conhecidos.

Esta metodologia foi amplamente utilizada no setor aeronáutico durante muitos anos. Dentro de uma sistemática bastante regulamentada a manutenção de aeronaves obedecia a um rígido calendário de tarefas de inspeção, trocas e revisões.

No início da década de 60, com o aumento da complexidade dos sistemas das aeronaves, os custos desta prática de manutenção levaram as empresas a uma análise crítica desta metodologia. Além disso, a nova geração de aeronaves desta década exigia padrões de confiabilidade mais elevados, em função do número de passageiros transportados e percursos de voo.

Após análises de informações obtidas em inúmeros componentes ficou constatado que vários tipos de falhas não eram evitadas mesmo com o aumento da quantidade de manutenção. A evolução tecnológica aumentou significativamente os modos de falhas, o que tornava extremamente difícil eliminar as incertezas do comportamento dos itens.

Os projetistas de aeronaves procuravam não apenas evitar as falhas dos itens era necessário garantir as funções do equipamento, principalmente o que envolvia a segurança de voo. A proteção das funções essenciais era protegida cada vez mais com o uso de projetos de redundâncias.

O primeiro programa de manutenção desenvolvido com base nos conceitos iniciais da manutenção centrada na confiabilidade foi no Boeing 747, que se mostrou adequado para o alcance dos objetivos; alta confiabilidade operacional e um custo de manutenção adequado ao mercado.

Outros programas foram implementados, sendo em 1978 consagradas à denominação de Reliability Centered Maintenance – RCM, consolidando os conceitos desta nova metodologia de manutenção.

O estudo da Probabilidade de Falha x Tempo de Uso desenvolvido pela United Airlines para todos os tipos de componentes das aeronaves pretendia verificar a influência das frequências de revisões na confiabilidade geral dos seus equipamentos.

O resultado deste trabalho influenciou a adoção de uma nova abordagem dos equipamentos para o planejamento da manutenção. Todos os componentes foram incluídos em seis modelos básicos, que evidenciam a existência de dois tipos básicos de relacionamento entre Taxa de Falha x Idade. A figura abaixo apresenta as curvas obtidas e as respectivas porcentagens de participação no total de falhas analisadas para este equipamento.

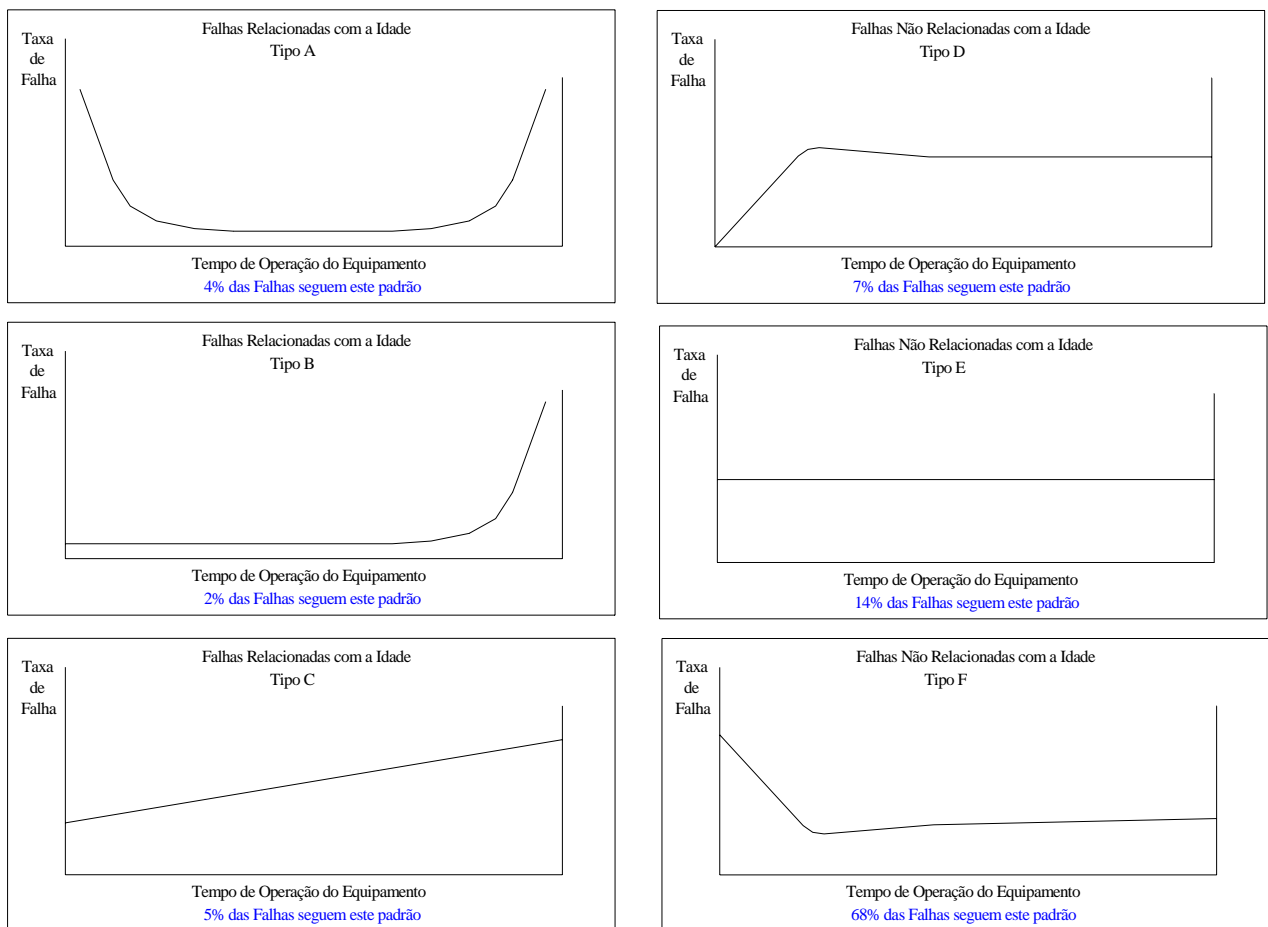
Os Tipos A, B e C correspondem aos componentes que possuem uma elevada influência do tempo de utilização. Os modos predominantes de falhas destes componentes são: fadiga, corrosão e oxidação. A porcentagem destes componentes é relativamente pequena para o tipo de equipamento analisado.

Os Tipos D, E e F não demonstram uma influência do tempo na taxa de falhas. Os modos de falhas são diversificados e o tempo de utilização não evidencia mudança significativa da taxa

de falha. Este tipo de situação ocorre em componentes eletrônicos e de sistemas hidráulicos. No equipamento analisado englobam a grande maioria dos componentes.

Embora esses dados tenham tido origem na observação do comportamento de itens de aeronaves, o nível de automação dos nossos processos e a tecnologia aplicada nos leva a deduzir que cada vez mais esses padrões e seus níveis de ocorrência aconteçam nos demais equipamentos, modificando o conceito tradicional da “Curva da Banheira” representada pelos componentes do Tipo A.

A implementação da RCM tem como objetivo alcançar a confiabilidade e a segurança inerentes aos equipamentos, com o mínimo custo, identificando quais tarefas de manutenção são tecnicamente aplicáveis e adequadas para detectar e evitar, ou mesmo reduzir, a consequência das falhas nas funções do equipamento. Esta metodologia requer o envolvimento das pessoas que dominam o processo em análise e o sucesso depende do cumprimento de passos preliminares, tomando-se como referência os métodos do TPM.



Modelos de Falha x Tempo

A aplicação do RCM requer um elevado grau de domínio do processo em análise, a seguir são apresentados alguns fatores que devem ser considerados:

- Seleção do sistema;
- Definição das funções e padrões de desempenho;
- Determinação das falhas funcionais e de padrões de desempenho;
- Análise dos modos e efeitos das falhas;
- Histórico de manutenção e revisão da documentação técnica;
- Determinação de ações de manutenção – Política, Tarefas, Frequência.

Para enquadrar qualquer item nesta técnica, recomenda-se a aplicação das sete perguntas a seguir:

1. Quais são as funções e padrões de desempenho do item no seu contexto operacional atual?
2. De que forma ele falha em cumprir suas funções?
3. O que causa cada falha operacional?
4. O que acontece quando ocorre cada falha?
5. De que forma cada falha tem importância?
6. O que pode ser feito para prevenir cada falha?
7. O que deve ser feito, se não for encontrada uma tarefa preventiva apropriada?

Para responder as sete questões básicas deve ser criada uma equipe multidisciplinar, com pessoas da operação, manutenção, inspeção e segurança. Para o desenvolvimento dos trabalhos deve fazer parte do grupo um facilitador que seja especialista em RCM.

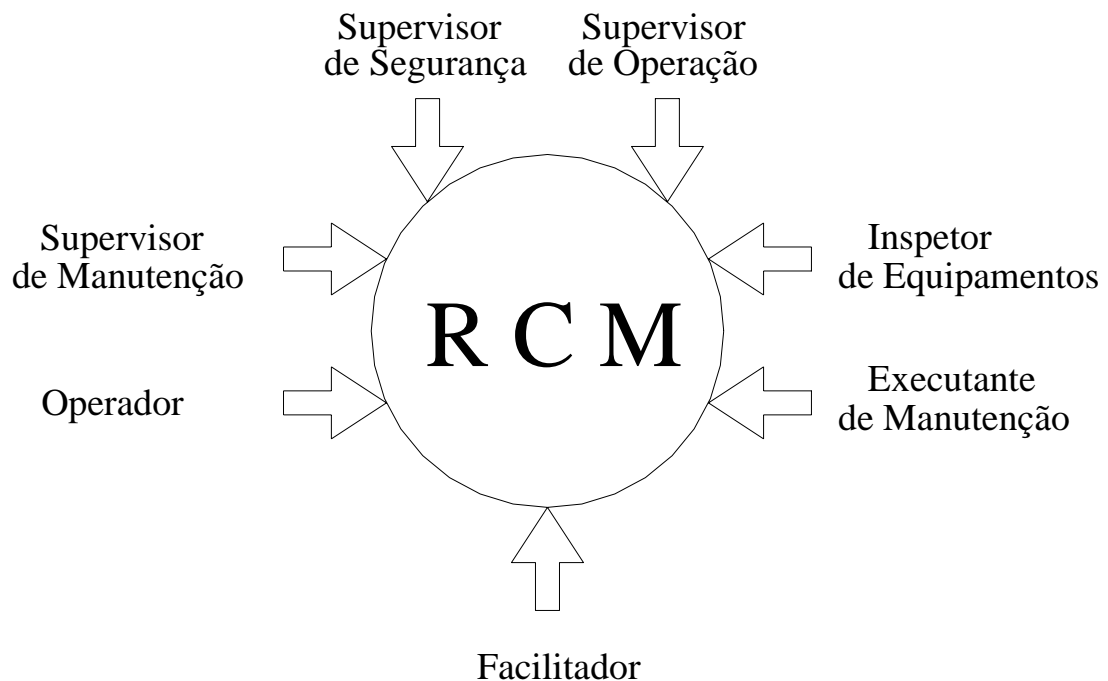


Figura 4: Equipe de Trabalho

Os principais resultados obtidos com a implantação do RCM são:

1. Melhoria da compreensão do funcionamento do equipamento ou sistema, proporcionando uma ampliação e conhecimentos aos participantes.
2. Desenvolvimento do trabalho em grupo com reflexos altamente positivos na análise, solução de problemas e estabelecimento de programas de trabalho.
3. Definição de como o item pode falhar e das causas básicas de cada falha, desenvolvendo mecanismos de evitar falhas que possam ocorrer espontaneamente ou causadas por atos das pessoas.
4. Elaboração dos planos para garantir a operação do item em um nível de desempenho desejado. Esses planos englobam: Planos de Manutenção, Procedimentos Operacionais e Lista de modificações ou melhorias.

Os benefícios do RCM podem ser resumidos na obtenção da maior confiabilidade dos equipamentos, com redução de custos e domínio tecnológico do processo produtivo da empresa.

CPM (CRITIC PARTH METHOD) – MÉTODO DO CAMINHO CRÍTICO

O serviço de manutenção de máquinas é indispensável e deve ser constante. Por outro lado, é necessário manter a produção, conforme o cronograma estabelecido.

Esses dois aspectos levantam a questão de como conciliar o tempo com as paradas das máquinas para manutenção sem comprometer a produção.

Rotina de planejamento

O setor de planejamento recebe as requisições de serviço, analisa o que e como deve ser feito e quais as especialidades e grupos envolvidos, e os materiais e ferramentas a serem utilizados. Isso resulta no plano de operações, na lista de materiais para empenho ou compra de estoque e outros documentos complementares como relação de serviços por grupos, ordens de serviço etc.

Quando há necessidade de estudos especiais, execução de projetos e desenhos ou quando o orçamento de um trabalho excede determinado valor, o setor de planejamento requisita os serviços da Engenharia de Manutenção. Ela providencia os estudos necessários e verifica a viabilidade econômica.

Se o estudo ou projeto for viável, todas as informações coletadas pelo planejamento são enviadas ao setor de programação, que prepara o cronograma e os programas diários de trabalho coordenando a movimentação de materiais.

Seqüência para planejamento

É o rol de atividades para planejador atingir o plano de operação e emitir os documentos necessários.

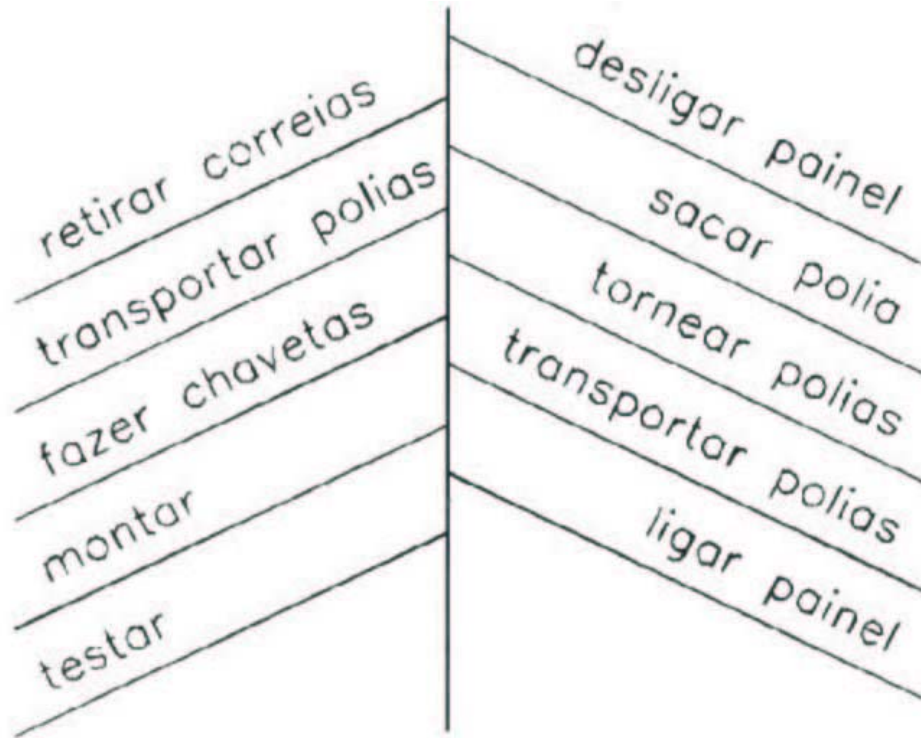
Esse rol de atividades consiste em:

- Listar os serviços a serem executados;
- Determinar o tempo, especialidades e número de profissionais;
- Determinar a seqüência lógica das operações de trabalho por meio do **diagrama espinha de peixe**;
- Construir PERT-CPM;
- Construir **diagrama de barras (Gantt)**, indicando as equipes de trabalho;
- Emitir as ordens de serviço, a lista de materiais, a relação de serviços por grupo e outros documentos que variam conforme a empresa.

Diagrama espinha de peixe

É uma construção gráfica simples que permite construir e visualizar rapidamente a seqüência lógica das operações.

Exemplo:



Em planejamentos simples e para um único grupo de trabalho, pode-se passar da espinha de peixe ao **diagrama de barras** ou o **diagrama de Gantt**.

Diagrama de Gantt

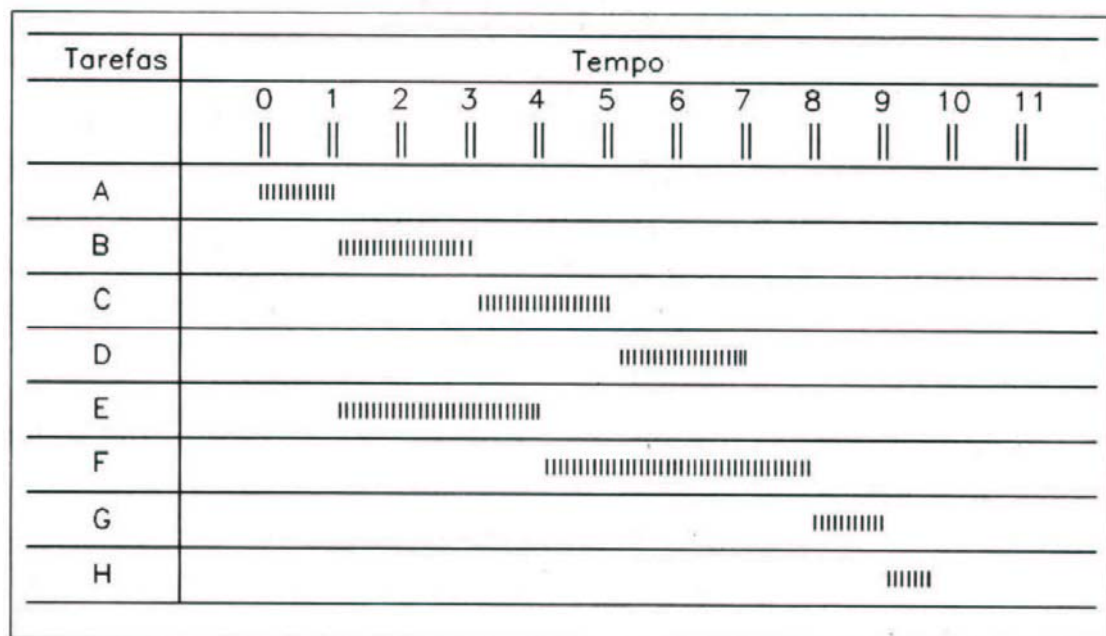
É um cronograma que permite fazer a programação das tarefas mostrando a dependência entre elas. Usado desde o início do século, consiste em um diagrama onde cada barra tem um comprimento diretamente proporcional ao tempo de execução real da tarefa. O começo gráfico de cada tarefa ocorre somente após o término das atividades das quais depende.

As atividades para elaboração do diagrama são a determinação das tarefas, das dependências, dos tempos e a construção gráfica.

Vamos exemplificar considerando a fabricação de uma polia e um eixo. A primeira providência é listar as tarefas, dependências e tempo envolvidos.

TAREFAS	DESCRIÇÃO	DEPENDE DE	TEMPO/DIAS
A	preparar desenhos e lista de materiais	–	1
B	obter materiais para o eixo	A	2
C	tornear o eixo	B	2
D	fresar o eixo	C	2
E	obter materiais para a polia	A	3
F	tornear a polia	E	4
G	montar o conjunto	D e F	1
H	balancear o conjunto	G	0,5

De posse da lista, constrói-se o diagrama de Gantt



O diagrama de Gantt é um auxiliar importante do planejador e do programador, pois apresenta facilidade em controlar o tempo e em reprogramá-lo. Apesar desta facilidade, o diagrama de Gantt não resolve todas as questões, tais como:

- Quais tarefas atrasariam se a terceira tarefa (C) se atrasar um dia?
- Como colocar de forma clara os custos no diagrama?
- Quais tarefas são críticas para a realização de o trabalho?

Para resolver as questões que o diagrama de Gantt não consegue solucionar, foram criados os métodos PERT-CPM.

MÉTODOS PERT – CPM

O planejamento dos trabalhos de manutenção pode variar desde atividades simples e de rotina, com o envolvimento de pequenas quantidades de pessoas e recursos, até atividades complexas e realizadas pela primeira vez. Para a organização das tarefas e divulgação das atividades entre os diversos setores foram desenvolvidas metodologias de planejamento e programação para atender os diferentes tipos de atividade.

Para a solução de situações menos complexas ou atividades específicas são implantadas metodologias de planejamento e programação baseadas em cronogramas de atividades, gráficos de Gantt e outras formas de descrição de tarefas adequadas às características dos problemas envolvidos.

Para o planejamento de trabalhos mais complexos o método mais difundido é o sistema PERT-CPM. Esta técnica foi desenvolvida pela marinha americana para ser aplicada no programa espacial conhecido como Projeto Polaris, sendo utilizado pela primeira vez em 1958. A finalidade destes métodos é de evitar o caos administrativo e ser capaz de coordenar, operar e controlar um conjunto de atividades com vistas a possibilitar o prosseguimento ordenado dos trabalhos.

O significado destas siglas é:

PERT – Program Evaluation and Review Technique
CPM – Critical Path Method.

O CPM foi criado na empresa norte-americana **Dupont** com o objetivo de realizar as paradas de manutenção no menor prazo possível e com o nível constante de utilização dos recursos.

Esta técnica tem como princípios básicos encontrar a seqüência ótima das atividades, com redução de custo e prazo de execução.

As vantagens da utilização deste método são:

- Fixar a seqüência das atividades;
- Determinar o tempo de execução de cada atividade;
- Fixar a duração total dos trabalhos;
- Fixar e delimitar as responsabilidades de cada atividade;
- Determinar folgas e os recursos atribuídos a cada atividade;
- Criar modelos para utilizações futuras.

Os dois métodos são quase idênticos; porém, as empresas, em termos de manutenção, adotam basicamente o CPM.

Método CPM

O CPM se utiliza de construções gráficas simples como flechas, círculos numerados e linhas tracejadas, que constituem, respectivamente:

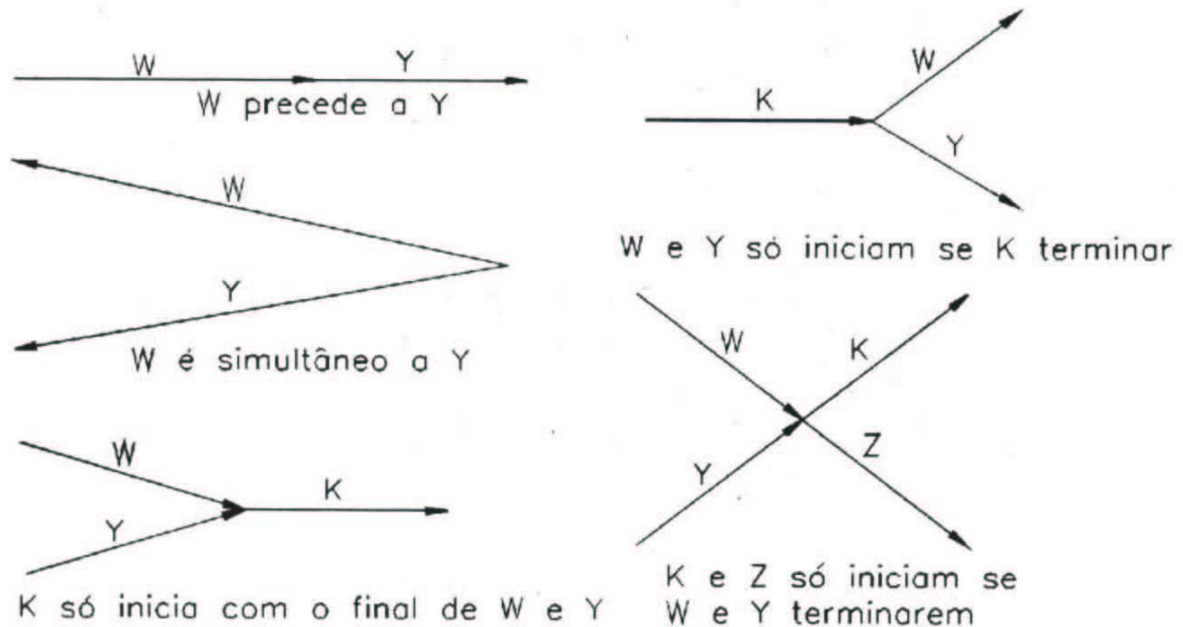
- **O diagrama de flechas;**
- **A atividade fantasma;**
- **O nó ou evento.**

Diagrama de flechas – É um gráfico das operações, em que cada operação é representada por uma flecha. Cada flecha tem uma ponta e uma cauda. A cauda representa o início da operação e a ponta marca o seu final.

As flechas são usadas para expressar as relações entre as operações e definir uma ou mais das seguintes situações:

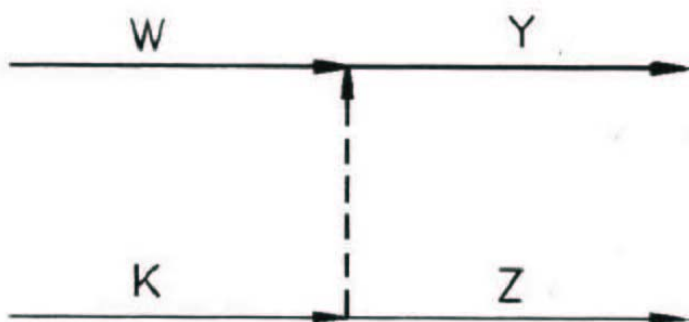
- A operação deve preceder algumas operações;
- A operação deve suceder algumas operações;
- A operação pode ocorrer simultaneamente a outras operações.

Exemplo:



Atividade fantasma – É uma flecha tracejada usada como artifício para identificar a dependência entre operações.

É também chamada de operação imaginária e não requer tempo. Observe a figura:



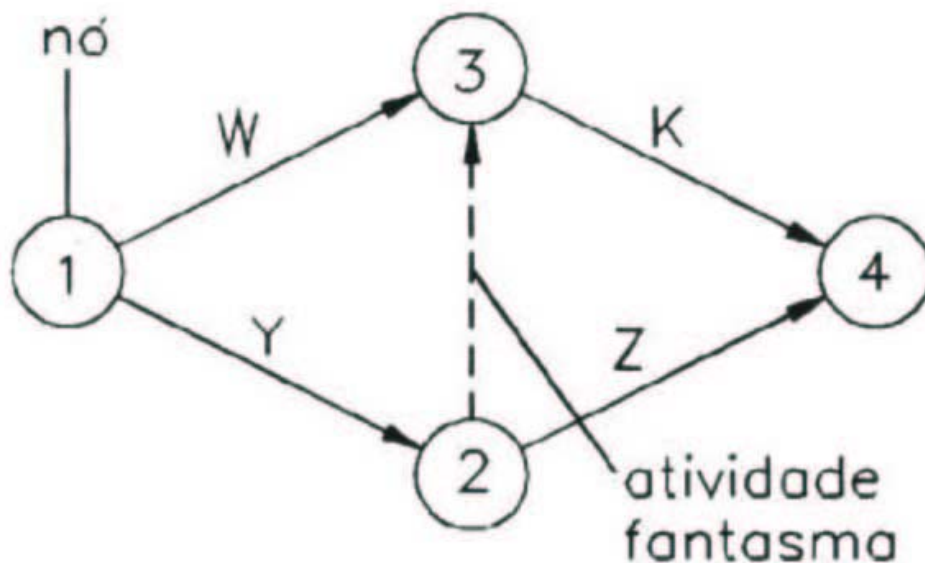
A figura exemplificada as seguintes condições:

- W deve preceder Y;
- K deve preceder Z;
- Y deve seguir-se a W e K.

Assim, as atividades W, Y, K e Z são operações físicas como torneiar, montar, testar etc. Cada uma dessas operações requer um tempo de execução, enquanto a atividade fantasma é um ajuste do cronograma, isto é, depende apenas da programação correta.

Nó ou evento – São círculos desenhados no início e no final de cada flecha. Têm o objetivo de facilitar a visualização e os cálculos de tempo. Devem ser numerados e sua numeração é aleatória.

Exemplo:



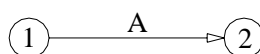
O nó não deve ser confundido com uma atividade que demande tempo. Ele é um instante, isto é, um limite entre o início de uma atividade e o final de outra.

Construção do diagrama CPM

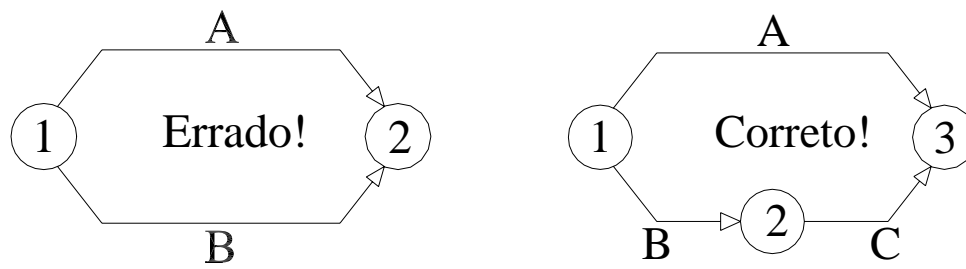
Para construir o diagrama é preciso ter em mãos a lista das atividades, os tempos e a sequência lógica. Em seguida, vai-se posicionando as flechas e os nós obedecendo a sequência lógica e as relações de dependência. Abaixo de cada flecha, coloca-se o tempo da operação e acima, a identificação da operação.

A construção de uma rede de atividades deve seguir algumas regras fundamentais que são descritas a seguir:

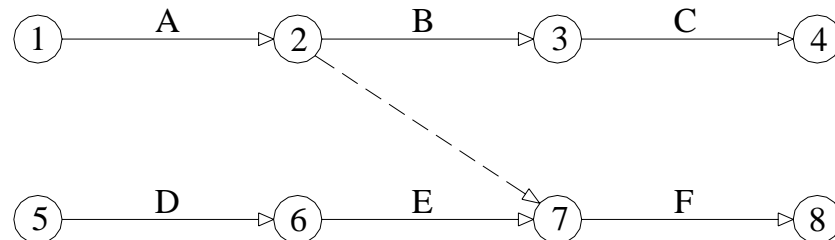
1. Cada atividade é sempre definida por uma única flecha e um par de eventos.



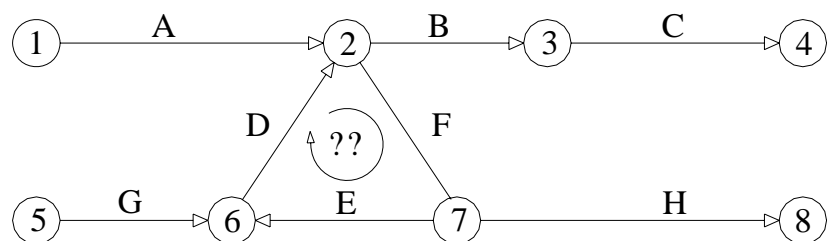
2. Não pode haver no diagrama duas atividades iniciando e terminando no mesmo par de eventos.



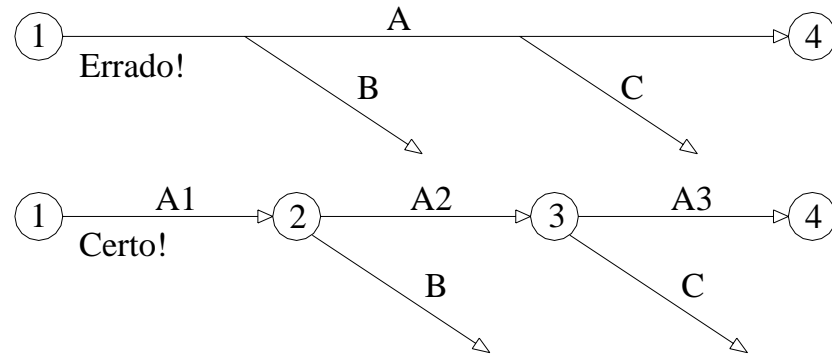
3. Quando as dependências entre as atividades forem apenas parciais, recorre-se à utilização da atividade fictícia (atividade fantasma) para indicar essas dependências.



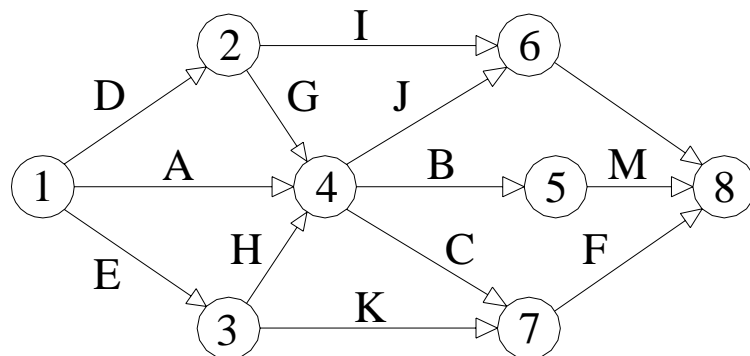
4. Uma rede PERT-CPM não pode apresentar um circuito fechado.



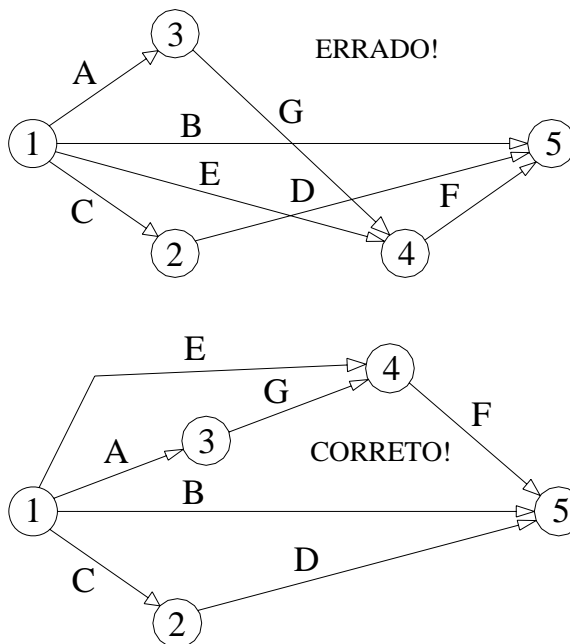
5. Toda vez que uma determinada atividade admitir diferentes etapas pode-se decompor essa atividade em tantas sub-atividades quantas forem essas etapas.



6. Um diagrama PERT-CPM deve se iniciar com um único evento e terminar, também, com um só evento. A rede deve ser fechada.



7. Tanto quanto possível não se devem cruzar quaisquer atividades.



Observações:

- O comprimento da seta não tem nenhum significado com relação ao tempo da atividade; é simplesmente um instrumento de estética, clareza ou facilidade;
- Deve-se sempre verificar a possibilidade de executar atividades em paralelo para economizar tempo.

Aplicação da Metodologia do PERT-CPM.

A construção de uma rede PERT-CPM deve seguir as seguintes fases:

(1) Preparação do Diagrama:

1. Listagem das atividades
2. Sequenciamento das atividades.

As pessoas que participam dessa fase devem ter um conhecimento completo e amplo dos serviços a executar, dos recursos da empresa, da mão de obra disponível, das frentes de trabalho, etc.

(2) Programação dos Trabalhos:

1. Fixação dos prazos de duração das atividades;
2. Cálculo da data de início e término das atividades;
3. Determinação das folgas;
4. Alocação de recursos materiais.

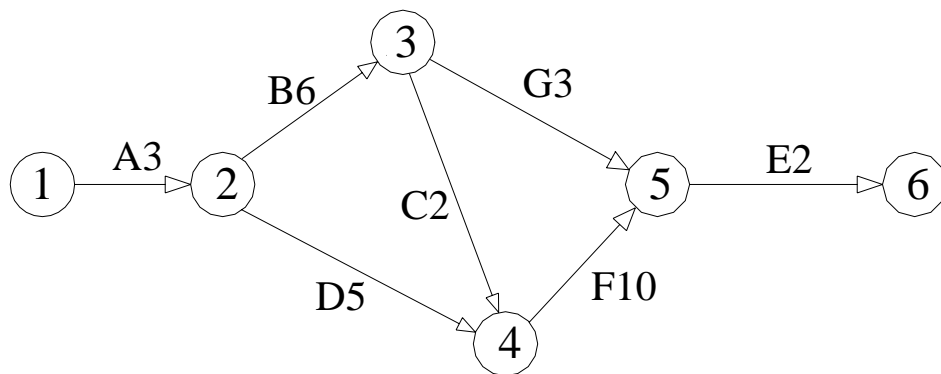
(3) Determinação do Caminho Crítico:

Construção da Rede:

Considerando a Listagem de atividades descrita na tabela a seguir, construir a rede PERT e determinar o caminho crítico.

Tarefa	Dependências	Tempo
A	-	3 h
B	A	6 h
C	B	2 h
D	A	5 h
E	G,F	2 h
F	C,D	10 h
G	B	3 h

A partir da Lista de Atividades obtém-se o traçado da rede:



Os dados acima permitem estabelecer o calendário de execução das atividades.

Etapa		Tarefa	Duração	Data Mais Cedo		Data Mais Tarde		Folga		Caminho Crítico
Início	Fim			Início	Fim	Início	Fim	Livre	Total	
1	2	A	3	0	3	0	3	0	0	X
2	3	B	6	3	9	3	9	0	0	X
3	4	C	2	9	11	9	11	0	0	X
2	4	D	5	3	8	6	11	3	3	
5	6	E	2	21	23	21	23	0	0	X
4	5	F	10	11	21	11	21	0	0	X
3	5	G	3	9	12	18	21	9	9	

Exemplo:

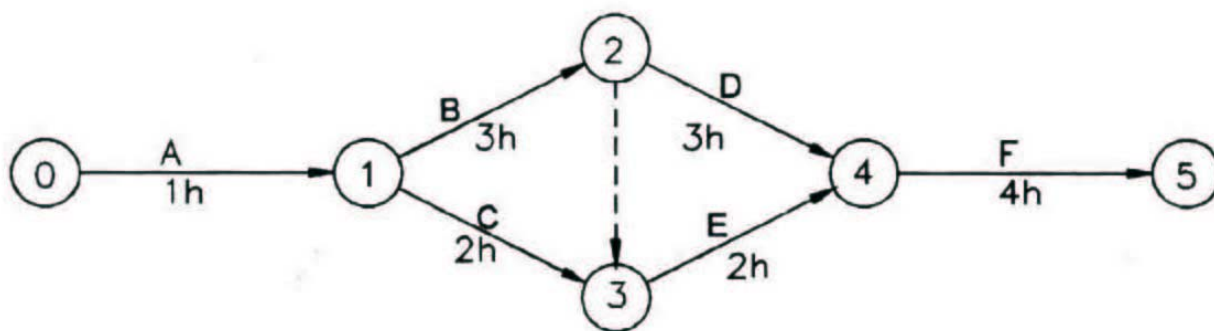
Um torno apresenta defeitos na árvore e na bomba de lubrificação e é preciso corrigir tais defeitos.

O que fazer?

Primeiramente, listam-se as tarefas, dependências e tempos, numa sequência lógica:

TAREFAS	DESCRIÇÃO	DEPENDÊNCIA	TEMPO
A	retirar placa, proteções e esgotar óleo	-	1 h
B	retirar árvore e transportá-la	A	3 h
C	lavar cabeçote	A	2 h
D	trocar rolamentos	B	3 h
E	trocar reparo da bomba	B e C	2 h
F	de lubrificação montar, abastecer e testar o conjunto	D e E	4 h

A seguir, constrói-se o diagrama:



O caminho crítico

É um caminho percorrido através dos eventos (nós) cujo somatório dos tempos condiciona a duração do trabalho. Por meio do caminho crítico obtém-se a duração total do trabalho e a folga das tarefas que não controlam o término do trabalho. No diagrama anterior há três caminhos de atividades levando o trabalho do evento 0 (zero) ao evento 5:

- A – B – D – F, com duração de 11 horas;
- A – B – E – F, com duração de 9 horas;
- A – C – imaginária – E – F, com duração de 10 horas.

Há, pois, um caminho com duração superior aos demais, que condiciona a duração do projeto.

É este o caminho crítico. A importância de se identificar o caminho crítico fundamenta-se nos seguintes parâmetros:

- Permitir saber de imediato, se será possível ou não cumprir o prazo anteriormente estabelecido para a conclusão do plano;
- Identificar as atividades críticas que não podem sofrer atrasos, permitindo um controle mais eficaz das tarefas prioritárias;
- Permitir priorizar as atividades cuja redução terá menor impacto na antecipação da data final de término dos trabalhos, no caso de ser necessária uma redução desta data final;
- Permitir o estabelecimento da primeira data do término da atividade;
- Permitir o estabelecimento da última data do término da atividade.

Freqüentemente, o caminho crítico é tão maior que os demais que basta acelerá-lo para acelerar todo o trabalho.

Tendo em vista o conceito do caminho crítico, pode-se afirmar que as tarefas **C** e **E** do diagrama anterior podem atrasar até duas horas sem comprometer a duração total.

Resultado final da aplicação do CPM

O método do caminho crítico permite um balanceamento dos recursos, principalmente mão-de-obra. O departamento de manutenção possui um contingente fixo e não é desejável ter um perfil de utilização desse contingente com carência em uns momentos e ociosidade em outros.

Para evitar este problema, o planejador joga com o atraso das tarefas com folga e o remanejamento do pessoal envolvido nas tarefas iniciais.

Nas paradas para reforma parciais ou totais, após o balanceamento dos recursos físicos e humanos com programação de trabalho em horários noturnos e em fins de semana, pode ocorrer ainda à carência de mão-de-obra. Neste caso, a solução é a contratação de serviços externos ou ampliação do quadro de pessoal. Essas decisões só podem ser tomadas após a análise e comprovação prática das carências.

CONFIABILIDADE

Confiabilidade é a probabilidade de que um equipamento, célula de produção, planta ou qualquer sistema funcionar normalmente em condições de projeto, por um determinado período de tempo estabelecido. A curva da banheira, exemplificada na figura 1, representa o modelo tradicional da relação entre o tempo e a taxa de falha de um equipamento ou parte dele. As taxas de falhas (λ_i), que representam o número de falhas (N_i) num determinado período de tempo (T), se comportam de maneira diferente no decorrer da vida do equipamento.

Basicamente há três períodos distintos:

$$\lambda_i = \frac{N_i}{T}$$

- **Período da Falha Prematura:** É caracterizado pelas elevadas taxas de falhas no início da utilização. Normalmente estas falhas são resultantes de deficiências de projeto, fabricação, erros de operação e outras causas. Algumas vezes é possível reduzir estes tipos de falha através da utilização de testes planejados antes da liberação final do equipamento.

- **Período da Taxa de Falha Constante:** Neste período as falhas resultam de limitações inerentes de projeto mais os acidentes causados por operação ou manutenção inadequada. Estas falhas podem ser evitadas pela atuação correta da operação e manutenção dos equipamentos.

- **Período do Desgaste Acelerado:** Estas falhas ocorrem em função da própria idade dos componentes do equipamento. A Taxa de Falha aumenta progressivamente, colocando em risco a segurança e a produção. Os custos crescentes de manutenção e as perdas de produção podem definir o fim da vida útil. Com a velocidade da evolução da tecnologia o equipamento pode tornar-se obsoleto.

Existem três leis estatísticas que são utilizadas para a previsão da confiabilidade “ajustando” os fenômenos de aparição de falhas. A lei “normal” de Gauss, a lei exponencial e a lei de Weibull.

A Confiabilidade, definida em função da Taxa de Falha λ , pode ser obtida na expressão da lei exponencial da seguinte forma:

$$C_{(t)} = e^{-\lambda t}$$

Sendo:

t = intervalo de tempo considerado.

e = logaritmo neperiano (2,718).

Para esta expressão a Taxa de Falha de cada componente é constante.

O Tempo Médio Entre Falhas (TMEF) é definido por:

$$\text{TMEF} = \int_0^{\infty} C_{(t)} dt$$

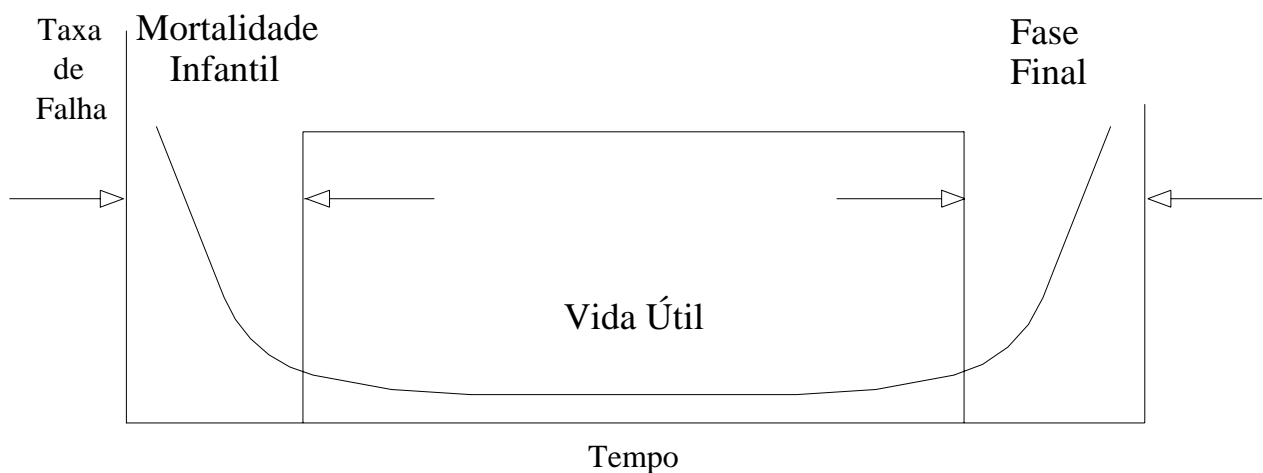


Figura 1: Curva da Banheira

A Confiabilidade de uma instalação é influenciada pela taxa de falha individual dos componentes e pela configuração utilizada. Estas configurações podem associar os componentes em série, em paralelo ou com reserva (stand by).

A seguir é apresentado um exemplo para cada situação de associação dos equipamentos, considerando a lei exponencial.

Exemplo 1. Associação em Série:

Duas bombas diferentes são necessárias para o funcionamento de um sistema para o fluxo da produção. As bombas têm taxas de falha $\lambda_1 = 0,0001$ falhas/hora e $\lambda_2 = 0,0002$ falhas/hora. Calcular a confiabilidade do sistema para 100 horas de operação e o TMEF.

Solução:

1. Confiabilidade em Série $C_s(t)$:

$$C_s(t) = \prod_{i=1}^n \left(e^{-\lambda_i t} \right)$$

$$C_s(t) = e^{-(0,0001 + 0,0002) \times 100}$$

$$C_s(t) = 0,97045$$

2. Cálculo do TMEF:

$$\text{TMEF} = \frac{1}{0,0001 + 0,0002}$$

$$\text{TMEF} = 3333,3 \text{ horas}$$

Exemplo 2: Associação em Paralelo $C_p(t)$:

Dois motores elétricos estão operando em uma configuração redundante, ou seja, em paralelo. Se um dos motores falharem o motor remanescente pode manter a instalação com a carga total. Considerando que os motores são idênticos, com taxas de falhas constantes e as falhas dos motores são estatisticamente independentes. Para os motores iniciando operação no tempo “t = 0”, determinar: confiabilidade do sistema para $\lambda = 0,0005$ falhas/hora e t = 400 horas (tempo de operação).

Solução:

1. Cálculo da Confiabilidade para t = 400 horas.

$$C_p(t) = 1 - \prod_{i=1}^n \left(1 - e^{-\lambda_i t} \right)$$

$$C_p(t) = 1 - \left[\left(1 - e^{-0,0005 \times 400} \right) \times \left(1 - e^{-0,0005 \times 400} \right) \right]$$

$$C_p(t) = 0,9671$$

2. Cálculo do TMEF:

$$\text{TMEF} = \frac{1}{\lambda} \times \sum_{i=1}^2 \frac{1}{i}$$

$$\text{TMEF} = \frac{1}{0,0005} \times \frac{3}{2}$$

$$\text{TMEF} = 3000 \text{ horas}$$

Exemplo 3: Associação com Stand By:

Considerar uma instalação com três unidades idênticas onde uma esta operando e as outras duas estão em standby. Determinar a confiabilidade do sistema para 400 horas de operação, sabendo-se que a taxa de falhas das unidades é igual a 0,003 falhas/hora e o TMEF.

Solução:

1. Cálculo da confiabilidade para $t = 400$ horas.

$$C_{st}(t) = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{(\lambda t)^i \times e^{-\lambda t}}{i!}$$

$$C_{st}(t) = e^{-0,003 \times 400} + 0,003 \times 400 \times e^{-0,003 \times 400} + \frac{(0,003 \times 400)^2 \times e^{-0,003 \times 400}}{2}$$

$$C_{st}(t) = 0,8795$$

2. Cálculo do TMEF.

$$TMEF = \int_0^{\infty} \left[\sum_{i=0}^{n-1} \frac{(\lambda t)^i \times e^{-\lambda t}}{i!} \right] \times dt$$

$$TMEF = \frac{3}{0,003}$$

$$TMEF = 1000 \text{ horas}$$

Para maiores detalhes sobre as configurações descritas acima devem ser consultadas as referências do curso.

Manutenibilidade:

Manutenibilidade é a probabilidade de se realizar um reparo de uma falha dentro de um prazo pré-estabelecido, tomando-se como base o histórico de outros reparos. Porém, para este índice ser calculado deve-se ter um tempo para reparo constante ao longo do tempo. O cálculo deste índice sofre a influência de diversos fatores que alteram o tempo de reparo ao longo da vida do equipamento.

Os principais são:

- O escopo de trabalho de um reparo difere de outros anteriores;
- Nem sempre o tempo que a equipe de manutenção foi impedida de trabalhar em toda a fase de reparo do equipamento é apropriado com rigor. Estes problemas podem ser causados por falta de materiais ou alterações de programação.
- As pessoas envolvidas são alteradas de um reparo para outro, podendo ser alterada também a quantidade.

A Manutenibilidade é definida em função do Tempo Médio Para Reparos (TMPR), sendo obtida na equação:

$$M_{(t)} = 1 - e^{-\mu \cdot t}$$

$$\mu = \frac{1}{\text{TMPR}}$$

Sendo:

t = tempo considerado na análise.

e = logaritmo neperiano (2,718).

μ = Taxa de Reparo

Disponibilidade:

A Disponibilidade representa o tempo em que um equipamento está disponível para o trabalho. O tempo disponível é composto pelo período efetivamente em uso e pelo tempo em que o equipamento esta em condições operacionais, porém não esta em um uso em função de outros fatores ou quando esta em reserva (stand by).

O estágio não operacional é o somatório do tempo gasto em atividades de reparo (diagnóstico ou conserto) ou esperando sobressalentes, procedimentos, etc.

$$D_{(t)} = \frac{t}{T}$$

Sendo:

t = tempo operacional no período de tempo considerado

T = tempo total considerado

Prioridade:

A Prioridade corresponde à escolha da seqüência das atividades de manutenção. A utilização dos recursos dentro de uma prioridade correta garante a eficácia da manutenção.

Para encontrar a Prioridade para as atividades de manutenção podem ser utilizadas algumas ferramentas simples como a “Curva ABC” ou o “Diagrama de Pareto”.

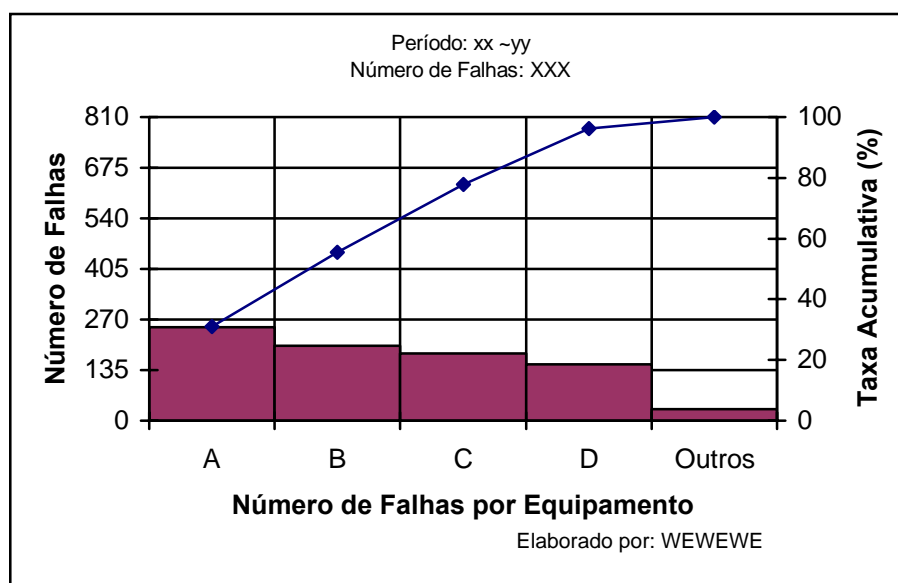
O Diagrama de Pareto é utilizado na representação das falhas de um equipamento ou instalação, sendo formado por um gráfico de barras combinado com um gráfico de uma curva que representa o valor acumulado. Os dados são classificados conforme um critério definido previamente. As barras representam os dados lado a lado conforme valor decrescente, e a curva apresenta o valor acumulado.

A construção de um Diagrama de Pareto deve seguir os seguintes passos:

1. Estabelecer o critério de classificação, e coletar os dados.
2. Agrupar os dados em ordem de tamanho.
3. Calcular o valor acumulado.
4. Escreva os dados do eixo horizontal e vertical.
O comprimento do eixo horizontal deve ser aproximadamente o mesmo do eixo vertical, de tal forma que o diagrama seja quadrado.
Os parâmetros normalmente colocados no eixo vertical são: número de defeitos, duração da falha, número de falhas, quantidade de reclamações, tempo de trabalho, quantidade de perdas, tempo de reparo, etc.

Nome do Equipamento	Número de Falhas	Número Acumulado
Equipamento "A"	250	250
Equipamento "B"	200	450
Equipamento "C"	180	630
Equipamento "D"	150	780
Outros	30	810
Total	810	810

5. Construa o gráfico de barras.
6. Desenhe a curva dos valores acumulados
7. Estabeleça as unidades dos eixos.



8. Finalmente entre com as informações necessárias: título, período, número total de dados e nome da pessoa que preparou o diagrama.

Indicadores de Desempenho:

Os indicadores de desempenho são parâmetros utilizados para avaliar a eficiência dos trabalhos de manutenção. Os índices mais utilizados são: TMPR, TMEF e a Disponibilidade. Existem ainda os Indicadores de Custos, que avaliam os custos diretos e indiretos da manutenção. Normalmente os Indicadores de Custo relacionam o custo de manutenção com o faturamento total da empresa ou com a unidade de produção (Ex. toneladas de produção).

Terceirização:

O processo de terceirização de uma empresa consiste na contratação de serviços que não fazem parte da sua atividade principal. Esta tendência iniciou na década de 80 e ampliou cada vez mais nas grandes empresas. A Manutenção é um dos setores industriais que apresenta elevado grau de terceirização. O principal objetivo da terceirização é a criação de empresas especialistas com capacidade de reduzir os custos finais da produção.

Análise de Risco:

A complexidade das tarefas das equipes de manutenção exige uma avaliação completa do potencial de risco envolvido. A análise de risco envolve o conhecimento de todos os fatores que afetam a segurança das atividades de manutenção para um determinado serviço e as medidas necessárias para evitar acidentes.

Melhoria Contínua do Meio Ambiente:

A degradação do meio ambiente é uma preocupação crescente no mundo atual. As atividades de manutenção podem interferir direta ou indiretamente no processo de contaminação ambiental. A manutenção deve controlar o processo de descarte de produtos contaminantes (óleos, graxas, baterias, resíduos químicos, etc.) e garantir que o equipamento opere nos padrões recomendáveis de poluição (controle de vazamentos, níveis de ruído, regulagem de filtros, etc.).

Atualmente as empresas são submetidas a processos de certificações para garantir a sua permanência nos mercados mais competitivos. As atividades de manutenção são fundamentais na obtenção das metas relativas à proteção do meio ambiente.

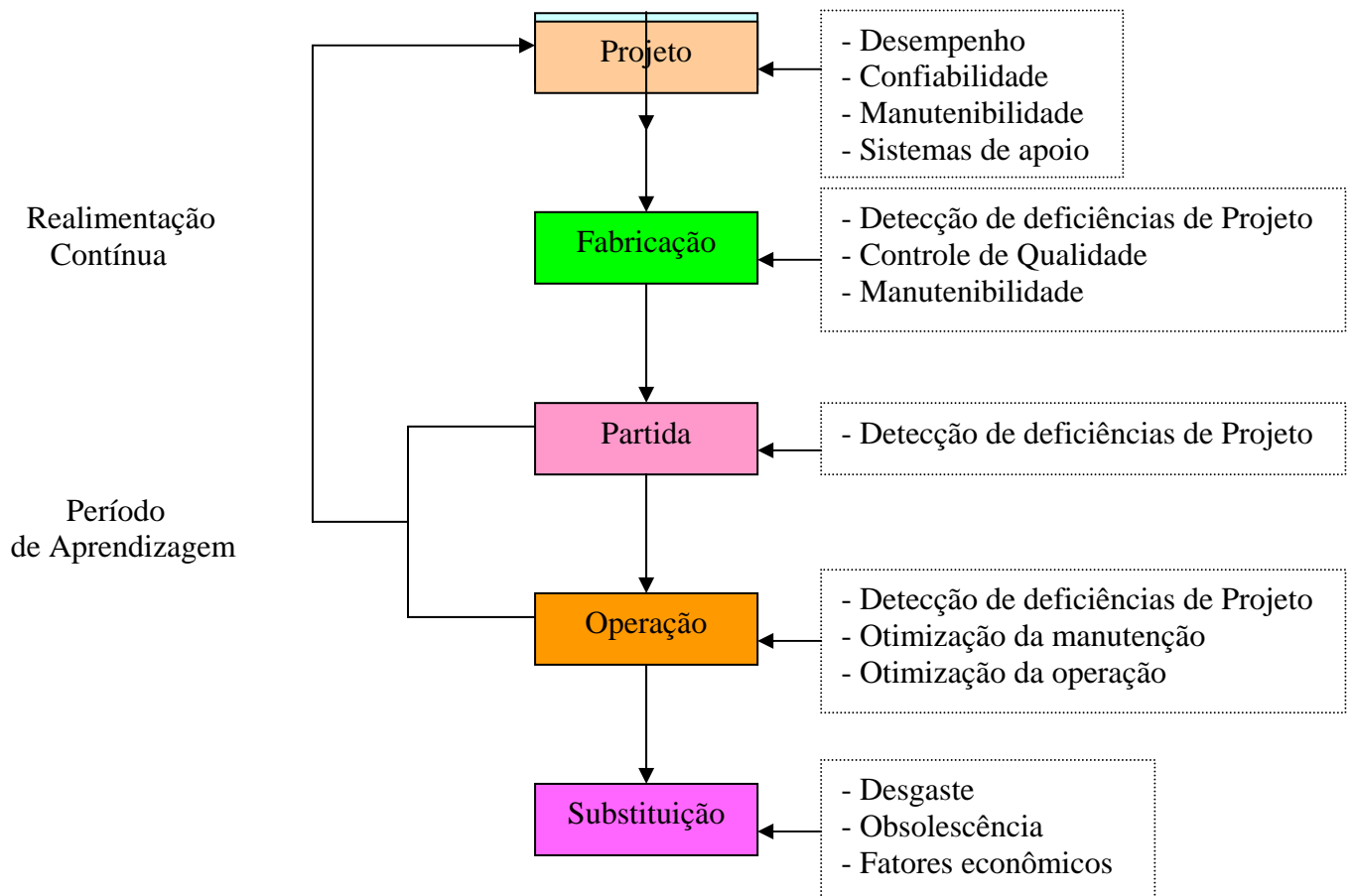
Objetivos:

A evolução tecnológica crescente dos equipamentos de produção exige profissionais com elevada capacitação para atuar na manutenção das indústrias. A atuação da manutenção assume uma amplitude cada vez maior, tendo influência direta na qualidade, capacidade de produção e evolução tecnológica das empresas.

No estágio atual de desenvolvimento, fatores como meio ambiente e segurança começa a adquirir importância crescente. O esgotamento dos recursos naturais, níveis de poluição e a qualidade de vida, exigem investimentos elevados, pois a maioria dos processos industriais não foi concebida com esta preocupação.

A figura abaixo apresenta os estágios de vida de um equipamento. Na fase de projeto deve-se preocupar com a confiabilidade que irá influenciar o custo inicial, desempenho e custo operacional. Durante a fabricação a manutenibilidade deve ser analisada, pois neste ponto começam a ser reveladas a natureza multidisciplinar da maioria dos problemas de manutenção.

A partida não é apenas um período de teste do equipamento, esta fase pode revelar as deficiências de projeto e fabricação. A fase de operação da máquina permite o conhecimento das suas verdadeiras características, revelando importantes informações para o desenvolvimento do equipamento. A análise de substituição da máquina deve considerar os diversos fatores que influenciam o custo operacional e a possibilidade de modernização da instalação com ganhos de produtividade através de novos equipamentos.



Estágios da Vida Útil de um Equipamento

SOLDAGEM DE MANUTENÇÃO I

Importância

A soldagem de manutenção é um meio ainda muito utilizado para prolongar a vida útil das peças de máquinas e equipamentos. Ela promove economia para as indústrias, pois reduz as paradas de máquinas e diminui a necessidade de se manter grandes estoques de reposição.

No caso do Brasil, por ser um país em desenvolvimento industrial, é comum a presença de empresas que possuem – em suas áreas produtivas – equipamentos e máquinas de diversas origens e fabricantes, com anos de fabricação diferentes. A situação se agrava quando alguns equipamentos e máquinas são retirados de linha ou deixam de ser fabricados.

Diante dessa realidade, é praticamente impossível manter em estoque peças de reposição para todos os equipamentos e máquinas. Além disso, no caso de grandes componentes, as empresas normalmente não fazem estoques de sobressalentes, e quando um grande componente se danifica, os problemas se agravam. Fabricar um grande componente ou importá-lo demanda tempo, e equipamento ou máquina parada por um longo tempo significa prejuízo.

Situações problemáticas como essas são resolvidas pela soldagem de manutenção, que tem como objetivo principal agir com rapidez e eficiência para que equipamentos e máquinas danificadas voltem a funcionar para garantir a produção.

Diferença entre soldagem de manutenção e soldagem de produção.

A soldagem de produção é realizada dentro de condições favoráveis, isto é, as especificações são determinadas, os equipamentos apropriados encontram-se disponíveis, a composição química do metal de base é conhecida, bem como os parâmetros em que se deve trabalhar.

É na soldagem de produção que são preparados corpos-de-prova soldados com parâmetros adequados. A seguir esses corpos-de-prova são submetidos a testes destrutivos para confirmar as características mecânicas das juntas soldadas.

Ao contrário da soldagem de produção, na soldagem de manutenção existem restrições e limitações que são agravadas pela rapidez com que deve ser efetuada a recuperação do componente.

Etapas

As etapas percorridas na soldagem de manutenção são:

Análise da falha.

a) Analisar o local da falha.

b) Determinar a causa da falha:

- Fratura;
- Desgaste;
- Corrosão.

c) Determinação do funcionamento:

- Solicitações (rpm);
- Meios envolvidos;
- Temperatura de trabalho.

d) Reconhecimento dos materiais envolvidos:

- Análise química;
- Dureza.

e) Determinação do estado do material:

- Encruado;
- Recozido;
- Temperado e revenido;
- Cementado.

Planejamento da execução

Após a escolha do método / processo de soldagem e do metal de adição, é necessário verificar se estão envolvidos na recuperação os seguintes fatores:

- Pré-usinagem;
- Deformação;
- Seqüência de soldagem;
- Pré e pós-aquecimento;
- Tratamento térmico pós-soldagem;
- Desempenho;
- Pós-usinagem.

Com esses cuidados, o que se deseja é eliminar as causas e não só os efeitos.

Procedimentos

De um modo geral os procedimentos para a execução de uma soldagem de manutenção devem conter, no mínimo, os seguintes passos:

a) Fratura / Trinca

- Localizar a fratura / trinca definindo seu início e fim. Para isso deve-se utilizar o ensaio com líquido penetrante.
- Identificar o material preferencialmente por meio de uma análise química e determinar sua dureza.
- Preparar adequadamente a região a ser soldada de modo que se permita o acesso do eletrodo, tocha ou maçarico, dependendo do processo de soldagem selecionado.
- Limpar a região a ser soldada para retirar o óleo, graxa ou impurezas que possam prejudicar a soldagem da peça / componente a ser recuperado.
- Executar ensaio com líquido penetrante para assegurar que toda a fratura / trinca tenha sido eliminada.

- Especificar o processo de soldagem e o metal de adição, de modo que a peça/componente recuperado mantenha suas características mecânicas, para que seja capaz de suportar as máximas solicitações durante o desempenho do trabalho, considerando ainda os meios envolvidos e a temperatura de trabalho.
- Especificar os parâmetros de soldagem, incluindo, quando necessário, a temperatura de pré e pós-aquecimento e o tratamento térmico pós-soldagem.
- Especificar uma adequada sequência de soldagem para se obter o mínimo de tensões internas e deformações da peça/componente que está sendo recuperada.
- Especificar o tipo de ensaio a ser realizado para verificar a qualidade da solda realizada.
- Prever, quando necessário, um sobre metal durante a soldagem para que seja possível obter o acabamento final da peça/componente por meio de esmerilhamento ou usinagem, quando for o caso.

b) Desgaste / Corrosão

- Localizar a região desgastada ou corroída, definindo os limites da região a ser recuperada.
- Identificar adequadamente a superfície a ser revestida através da superfície desgastada ou corroída por meio de esmerilhamento ou usinagem.
- Limpar a região a ser soldada para retirar o óleo, graxa ou impurezas que possam, de algum modo, prejudicar a soldagem da peça/componente a ser recuperada.
- Executar ensaio com líquido penetrante para verificar se na região desgastada não existem descontinuidades que possam comprometer a soldagem.
- Especificar o processo de soldagem e o metal de adição para que a peça / componente, após recuperação, seja capaz de suportar as solicitações máximas exigidas durante o trabalho. No caso de corrosão, o metal de adição deverá ser adequado para resistir ao meio agressivo.
- Especificar os parâmetros de soldagem, incluindo, quando necessário, a temperatura de pré e pós-aquecimento e o tratamento de alívio de tensões pós-soldagem.
- Especificar uma adequada sequência de soldagem de modo que haja um mínimo de tensões internas e deformações da peça/componente que está sendo recuperada.
- Especificar o tipo de ensaio a ser realizado para verificar a qualidade da solda aplicada.
- Prever, quando necessário, um sobre metal durante a soldagem para que seja possível obter o acabamento final da peça/componente recuperada por meio de esmerilhamento ou usinagem, quando for o caso.

Tipos e causas prováveis das falhas

Falhas por fratura – As falhas por fratura normalmente resultam de uma trinca que se propaga. A trinca surge por dois motivos:

- Altas solicitações;
- Fadiga do material.

Quando a peça/componente sofre solicitações acima das suportáveis, a trinca aparece em determinadas regiões. A fadiga aparece por causa das tensões cíclicas que terminam por exceder as toleradas pelo material que constitui a peça/componentes. Nesse caso, as trincas se iniciam – mesmo com tensões abaixo das tensões limites – e se propagam.

Com a propagação da trinca, as seções restantes e ainda resistentes rompem-se pelo simples fato das tensões existentes serem maiores que as suportadas pelo material.

Falhas por desgaste – Há uma grande variedade de fatores que podem provocar o desgaste de peças / componentes de uma máquina ou equipamento.

Nesse caso, para recuperação adequada com finalidade de assegurar a eficiência e segurança, os metais de solda, a serem depositados, devem ser selecionados cuidadosamente.

Para melhor compreensão dos tipos de desgastes, podemos dividi-los em classes distintas com características bem definidas.

Vejamos:

a) Desgastes mecânicos

➤ Abrasão

A abrasão é um desgaste que ocorre entre superfícies que deslizam ou giram em contato entre si em movimento relativo. A abrasão provoca o desprendimento de partículas das superfícies e elas adquirem irregularidades microscópicas, mesmo que aparentemente polidas. Por exemplo: sempre há abrasão quando um eixo gira em contato com um mancal.

As irregularidades microscópicas das superfícies comportam-se como picos e vales que tendem a se encaixar.

Quando as superfícies são solicitadas a entrar em movimento relativo entre si, a força de atrito gera calor e este gera microfusões entre os picos que estão em contato. As áreas microfundidas movimentam-se e as superfícies se desgastam.

A recuperação de superfícies desgastadas por abrasão é feita depositando-se, por solda, um material mais duro e mais resistente ao desgaste. Aconselha-se não aplicar mais de duas ou três camadas de solda, para evitar a fissuração e desagregação do próprio metal de solda que apresenta baixa ductilidade.

Se a soldagem exigir camadas mais espessas, o revestimento deverá ser feito com um metal tenaz e pouco duro que se comportará como amortecedor.

Impacto

Materiais sujeitos a impactos sofrem deformações localizadas e mesmo fraturas. Por impacto e em condições de alta pressão, partículas metálicas dos materiais são arrancadas e como consequência, o desgaste aparece.

Se um dado componente ou peça – a ser recuperado por solda – trabalha somente sob condições de impacto simples, o material a ser depositado deve ser tenaz para poder absorver a deformação sem se romper.

Normalmente, áreas de peças ou componentes que recebem impactos também sofrem abrasões. É o que ocorre, por exemplo, em moinhos e britadores que necessitam de superfícies duras e resistentes ao desgaste.

b) Erosão

É a destruição de materiais por fatores mecânicos que podem atuar por meio de partículas sólidas que acompanham o fluxo de gases, vapores ou líquidos, ou podem atuar por meio de partículas líquidas que acompanham o fluxo de gases ou vapores.

Geralmente, para suportar o desgaste por erosão, o material de solda deve ter dureza, microestrutura e condições de superfície adequada.

c) Cavitação

O fenômeno da cavitação é causado por fluídos acelerados que se movimentam em contato com superfícies sujeitas a rotações, tais como hélices, rotores, turbinas etc.

Os fluídos acelerados formam depressões que, ao se desfazerem, provocam golpes, como se fossem aríetes, nas superfícies das peças sujeita ao movimento rotacional.

Esses golpes produzem cavidades superficiais que vão desgastando as peças.

A correção de superfícies cavitadas é feita por meio de revestimentos com ligas contendo 13% de cromo (Cr).

Corrosão – O desgaste de materiais metálicos também pode ser provocado pela corrosão que é favorecida por vários fatores:

- Umidade;
- Acidez;
- Alcalinidade;
- Temperatura;
- Afinidade química entre metais.

Normalmente a maioria dos metais e ligas metálicas, em contato com o oxigênio do ar, adquire uma camada protetora de óxido que a protege. Se essa camada de óxido perder a impermeabilidade, a oxidação prossegue caracterizando a corrosão. A corrosão é sanada por meio de revestimento com materiais de solda adequados, de forma tal que venham a resistir ao meio agressivo com os quais estarão em contato.

Influência dos elementos de liga

Os eletrodos e varetas utilizados como materiais de adição nos processos de soldagem apresentam vários elementos de liga que lhes conferem características particulares.

Os principais elementos de liga, com suas principais propriedades, são:

ELEMENTOS DE LIGA	PROPRIEDADES
Carbono (C)	Aumenta a resistência e o endurecimento; reduz o alongamento, a forjabilidade, a soldabilidade e a usinabilidade; forma carbonetos com cromo (Cr), molibdênio (Mo) e vanádio (V).
Cobalto (Co)	Aumenta a resistência à tração; aumenta a dureza (têmpera total); resiste ao revenimento, ao calor e à corrosão.
Cromo (Cr)	Aumenta a resistência à tração, ao calor, à escamação, à oxidação e ao desgaste por abrasão. É um forte formador de carbonetos.
Manganês (Mn)	Aços austeníticos contendo manganês e 12% a 14% de cromo são altamente resistentes à abrasão.
Molibdênio (Mo)	Aumenta a resistência ao calor e forma, também, carbonetos.
Níquel (Ni)	Aumenta o limite de escoamento; aumenta a tenacidade; resiste aos meios redutores.
Tungstênio (W)	Aumenta a resistência à tração; aumenta a dureza; resiste ao calor; mantém cortante os gumes das ferramentas e peças e forma carbonetos.
Vanádio (V)	Aumenta a resistência ao calor; mantém os gumes cortantes e também forma carbonetos.

SOLDAGEM DE MANUTENÇÃO II

A recuperação de falhas por soldagem inclui o conhecimento dos materiais a serem recuperados e o conhecimento dos materiais e equipamentos de soldagem, bem como o domínio das técnicas de soldagem.

Elemento mecânico de ferro fundido com trinca Localização da fratura / trinca

A localização da fratura/trinca deve ser feita de modo preciso para identificar claramente onde ela começa e onde termina.

Essa identificação pode ser realizada pelo método de ensino por líquido penetrante. Primeiramente pulveriza-se um líquido de limpeza na peça. Depois, aplica-se o líquido penetrante na região da trinca e aguardam-se alguns minutos para que o líquido penetre no material. A seguir, se limpa a região da trinca e pulveriza-se um líquido revelador que tornará a trinca e seus limites bem visíveis.

Furação das extremidades da trinca

As tensões atuantes nas extremidades pontiagudas da trinca devem ser aliviadas. O alívio dessas tensões é obtido por meio de furos feitos com uma broca de diâmetro entre 7 mm e 10 mm. Esses furos impedem que a trinca se propague.

Esquemáticamente:



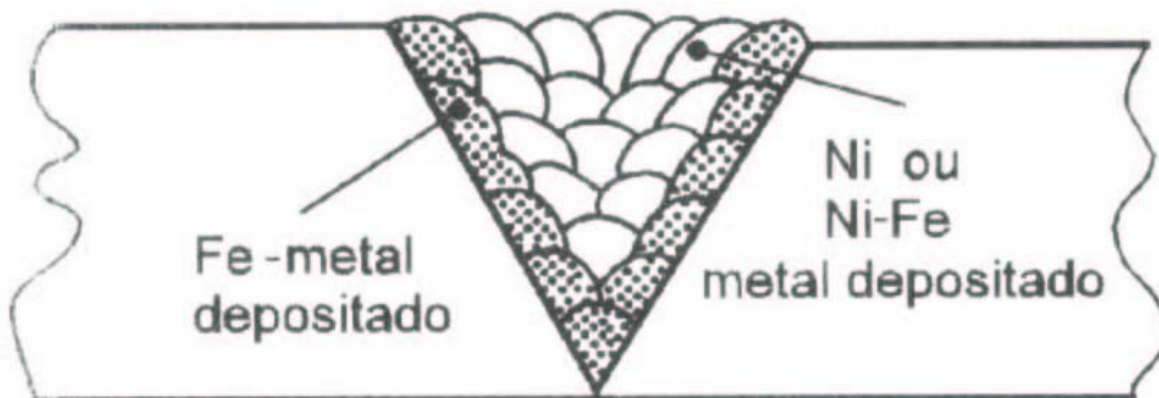
Goivagem ou chanfragem do local da soldagem

Inicialmente deve-se pensar na realização da goivagem - com eletrodo de corte – com formato arredondado para favorecer a distribuição das tensões.

Além disso, a preparação com eletrodo de corte proporciona uma solda sem poros, isenta de escórias, areia, óleo ou gordura. Essas impurezas sofrem combustão durante a goivagem e se gaseificam.

No caso da preparação por esmerilhamento, deve-se ser tomadas precauções, principalmente se o disco contiver aglomerantes plásticos. De fato, resíduos de material plásticos aderem ao ferro fundido na área de soldagem. A queima desses resíduos, por meio do arco elétrico do aparelho de soldagem, provoca o surgimento de poros na solda. Portanto, se a preparação exigir esmerilhamento, deve-se escoar e limpar a superfície esmerilhada com bastante cuidado.

Quando a ligação da solda no ferro fundido apresentar dificuldades de estabilização em coesão e aderência, recomenda-se o uso da técnica de revestimento do chanfro (amanteigamento), conforme mostra a figura a seguir:



Para o ferro fundido há duas possibilidades de revestimento de chanfro (amanteigamento):

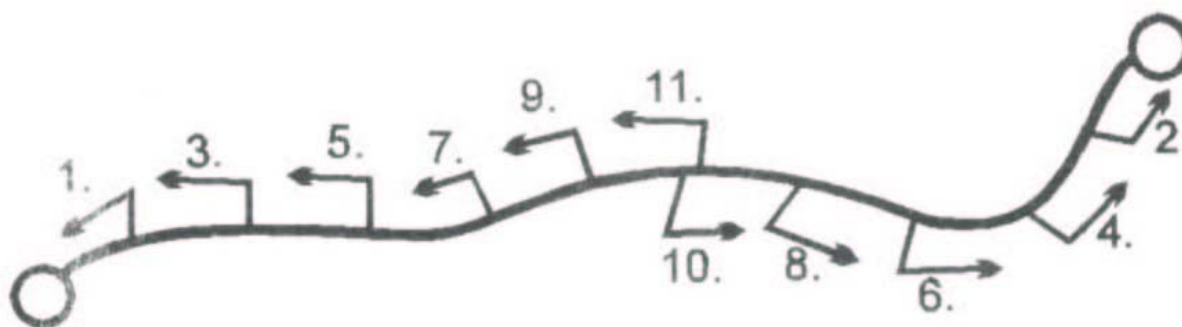
a) Com eletrodos especiais à base de ferro –

Nesse caso a camada de solda absorve o carbono do ferro fundido e endurece. Por essa razão, a própria junta não deve ser soldada com eletrodos especiais à base de ferro. Para completar a solda do reparo, utiliza-se um metal de adição à base de níquel ou de níquel-ferro.

b) Revestimento do chanfro com metal de adição à base de bronze-alumínio-

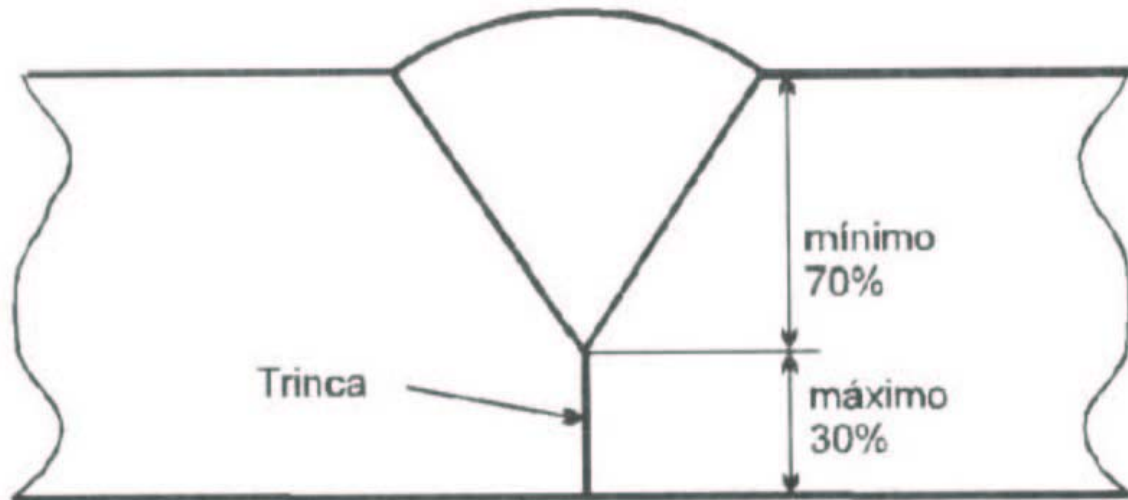
Esse metal de adição adere muito bem ao ferro fundido e apresenta uma ótima afinidade com o metal de adição à base de níquel, que é utilizado posteriormente como complemento do reparo.

Conforme esquematização abaixo, soldamos alternadamente e por etapas com cordões retos e curtos com comprimento máximo de 30 mm. A máquina de soldagem deve operar com baixa amperagem. O eletrodo deve ser de pequeno diâmetro e a velocidade de soldagem tem de ser alta para evitar o excesso de calor localizado.



A solda alternada com cordões curtos tem a finalidade de manter um baixo aporte de calor na peça e diminuir ao máximo as tensões de soldagem e consequentemente a deformação.

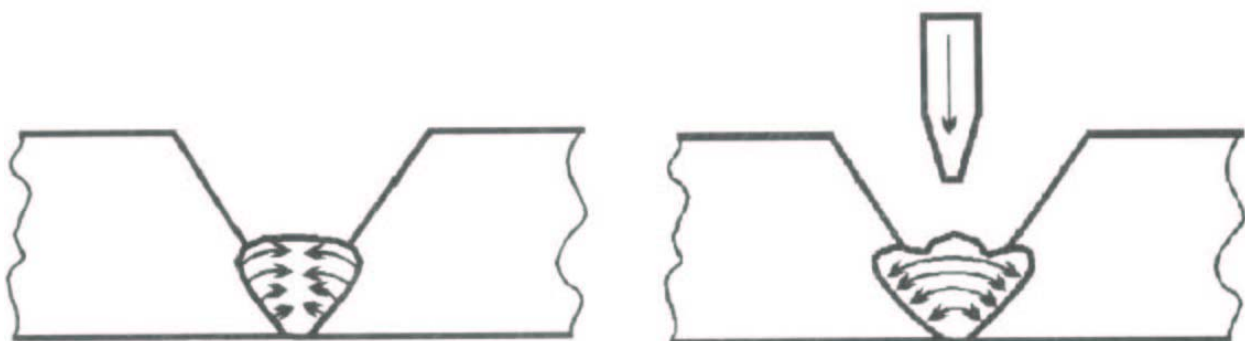
Quando a finalidade da solda no ferro fundido é manter apenas a estanqueidade, não há necessidade de abranger toda a seção, mas sim uma espessura de solda de no mínimo 70% da espessura que será reparada. Esquemáticamente:



Martelamento da solda

As tensões de contração do cordão de solda são aliviadas por meio de martelamento. Nesse caso, o cordão sofre um escoamento fazendo com que a peça não apresente deformações indesejáveis.

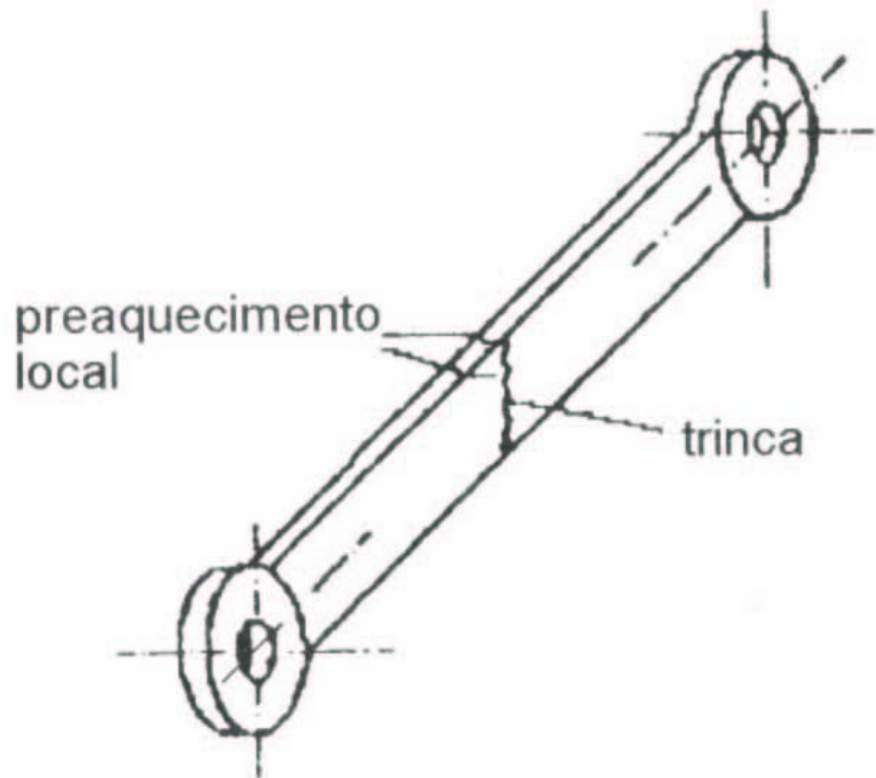
As figuras exemplificam o que foi dito.



Soldagem a frio de uma alavanca de ferro fundido quebrada sem restrição de contração.

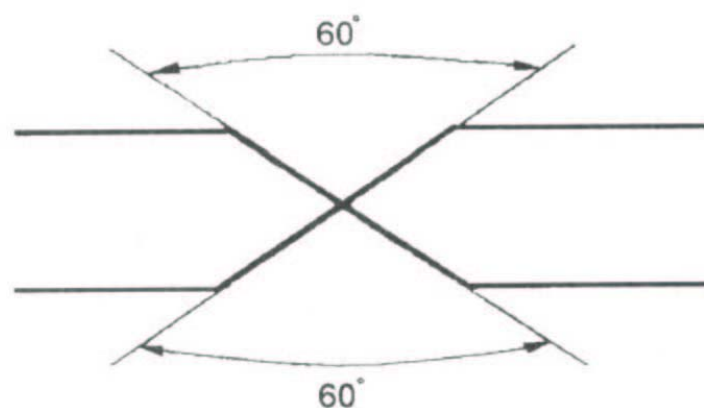
A figura a seguir mostra uma alavanca com uma trinca.

A alavanca pode ser recuperada, por soldagem, por meio da seguinte seqüência de operações:



Preparação do local da soldagem

A casca de fundição, se existente, deve ser removida do local da trinca mecanicamente. Se a espessura da peça for menor que 10 mm, recomenda-se fazer um chanfro em "V". Caso a espessura de parede seja maior que 10 mm, aconselha-se fazer um chanfro em "X". No exemplo da trinca da alavanca em questão, usaremos um chanfro em "X" com ângulo máximo de 60°, conforme mostra o esquema:



Preaquecimento

Um preaquecimento de aproximadamente 200°C é recomendado com a finalidade de diminuir as tensões residuais que surgirão, por ocasião da soldagem, na região da trinca.

Soldagem

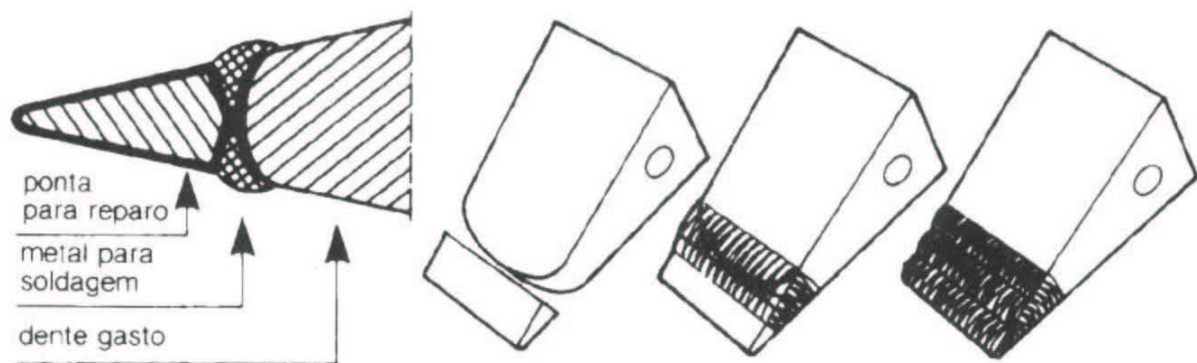
Recomenda-se soldar com baixa intensidade de calor, utilizando um eletrodo de níquel ou eletrodo de níquel-ferro.

O chanfro deve ser preenchido com cordões curtos e com repetidas viradas para a soldagem no lado oposto. Um martelamento ocasional no cordão de solda, ainda quente, também é recomendável para diminuir as tensões.

Se surgirem dificuldades de ligação da solda no ferro fundido, deve ser realizado o revestimento dos chanfros (amanteigamento).

Reconstrução de ponta de dentes de escavadeira

Os dentes de escavadeiras são componentes que trabalham em condições normalmente severas que envolvem impactos e abrasão. O desgaste e a recuperação dos dentes podem ser visualizados abaixo.



Para reconstruir a ponta dos dentes de uma escavadeira, deve-se proceder do seguinte modo:

- a) Preparar as superfícies a serem soldadas eliminando todos os resíduos que possam prejudicar a soldagem.
- b) Pontas sobressalentes devem ser soldadas nas pontas já desgastadas com eletrodos que garantam a máxima tenacidade. Um eletrodo recomendado é o tipo **AWS E307 – 15**
- c) Manter a temperatura das pontas abaixo de 200°C durante a soldagem, para evitar a perda de dureza.
- d) Após a soldagem dos dentes, aplicar líquido penetrante para se certificar de que não apareceu nenhuma trinca superficial.

e) Para dentes que trabalham primariamente em solos com granulação fina, o revestimento dos dentes deve ser efetuado com metal duro, isto é, com eletrodo do tipo **AWS E 10- 60z**. Esse eletrodo proporciona um metal de solda muito duro, rico em carboneto de cromo, resistentes à abrasão.

Trincas superficiais poderão surgir, mas sem influência na resistência ao desgaste. Para dentes que trabalham com materiais rochosos, o eletrodo a ser utilizado é o tipo **AWS E 6 – 55 r** , que proporciona um metal de solda, ligado ao cromo, bastante tenaz e resistente ao desgaste e com dureza compreendida entre 60 e 65 HRC.

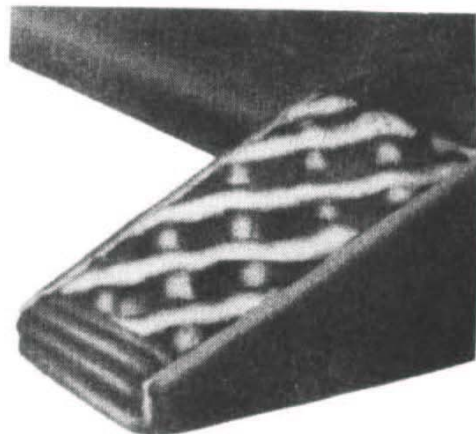
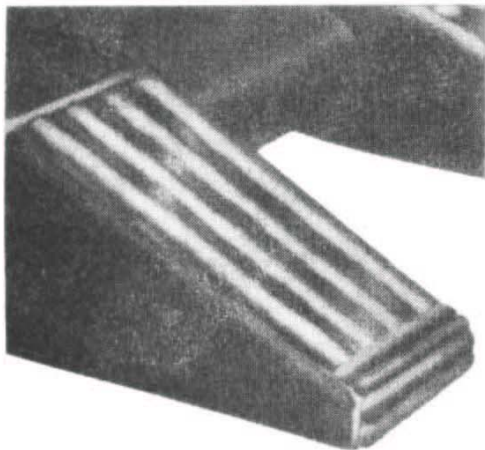
Observações:

Os eletrodos especificados como AWS E 307 – 15 , AWS E 10 – 60z e AWS E 6 – 55r representam eletrodos classificados pela norma da American Welding Society (Associação Americana de Soldagem).

Os valores entre 60 e 65 HRC significam que a dureza do material varia de 60 a 65 na escala de dureza Rockwell C.

Com a finalidade de manter os dentes afiados, recomenda-se revestir somente a face superior ou o fundo do dente e nunca ambos os lados.

O modelo de revestimento é escolhido de acordo com as figuras a seguir, dependendo das condições de trabalho.



NOÇÕES DE MANUTENÇÃO DE HIDRÁULICA INDUSTRIAL

Conceito de pressão

A Física nos ensina que pressão é força distribuída por unidade de área, ou seja:

$$P = \frac{F}{A}$$

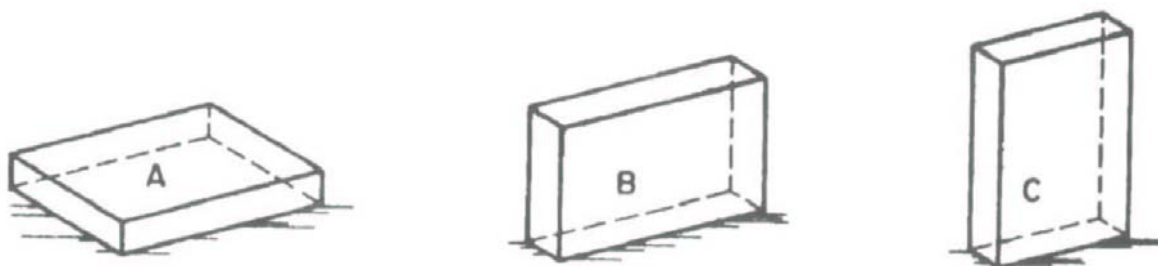
No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de força é o Newton (N) e a unidade de área é o metro quadrado (N / m²). Então, no SI a unidade de pressão é o N / m², que recebe o nome de pascal (Pa).

Porém, na literatura e industrial, ainda são utilizadas outras unidades de pressão, tais como: atmosfera (atm), torricelli (torr), quilograma-força por centímetro quadrado (kgf / cm²), milímetro de mercúrio (mm Hg), bar, libra-força por polegada quadrada (lbf / pol²) também chamada de psi (pound per square inch) etc.

A fórmula de pressão nos informa que a pressão é inversamente proporcional à área, isto é, quanto menor a área de atuação da força, maior será a pressão.

Por exemplo, considere um paralelepípedo de alumínio de peso 24N (o peso também é uma força) com as seguintes medidas: face A= 0,24 m²; face B = 0,12 m² e face C = 0,08 m². Se o paralelepípedo estiver apoiado pela face A, ele exercerá uma pressão de 100 Pa; se estiver apoiado pela face B, a pressão será de 200 Pa, e se ele estiver apoiado pela face C, o valor da pressão será de 300 Pa.

Faça as contas e confira.



A pressão hidráulica, na faixa industrial, situa-se ao redor dos 140 bar, que equivale a aproximadamente 138 atm ou 14000000Pa ou 14000Kpa, variando de projeto para projeto.

Conceito de vazão

Vazão(Q) é o volume (V) de um fluido que passa na secção transversal de uma tubulação num certo intervalo de tempo (t).

Matematicamente:

$$Q = \frac{V}{T}$$

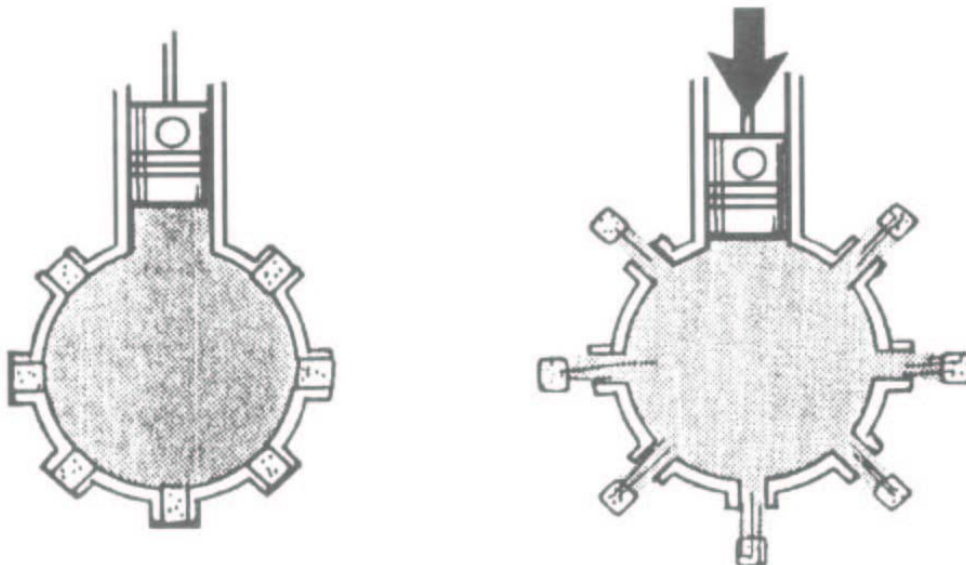
No Sistema Internacional de Unidades (SI), a vazão é expressa em m³ / s. Outras unidades de vazão são: L / min; L / s; cm³ / s.

Princípio de Pascal

O princípio de Pascal é um dos princípios mais importantes para a hidráulica.

Esse princípio é definido assim:

Se uma massa líquida confinada receber um acréscimo de pressão, essa pressão se transmitirá integralmente para todos os pontos do líquido, em todas as direções e sentidos.



Todos os mecanismos hidráulicos são, em última análise, aplicações do princípio de Pascal.

Por exemplo, a prensa hidráulica, o macaco hidráulico e o freio hidráulico, além de outros mecanismos, baseiam-se no princípio de Pascal.

Os sistemas hidráulicos, quando em funcionamento, transmitem forças intensas. Tais mecanismos são utilizados em locais onde outros mecanismos, movidos com outras formas de energia, não seriam viáveis.

Por exemplo, uma pá hidráulica de um trator não poderia funcionar adequadamente se somente o motor diesel viesse a ser utilizado para elevar as cargas. Nesse caso, parte da energia proveniente da queima do óleo diesel do motor é transferida e transformada em energia hidráulica na unidade hidráulica, e desta é transferida para o atuador que movimenta a pá.



Em resumo, uma parcela da energia calorífica proveniente da queima do óleo diesel do motor se transforma em energia hidráulica. Outras parcelas da energia calorífica transformam-se em energia mecânica e energia sonora, enquanto uma última parcela se dissipa pelo ambiente na forma de radiação térmica.

Lembremos que energia não se cria e nem se destrói. A energia se transfere de um sistema para outro, podendo ou não transformar-se de uma modalidade para outra.

Exemplo: numa alavanca em uso ocorre apenas transferência de energia de um ponto para outro; já numa bateria ocorre transformação de energia química em elétrica.

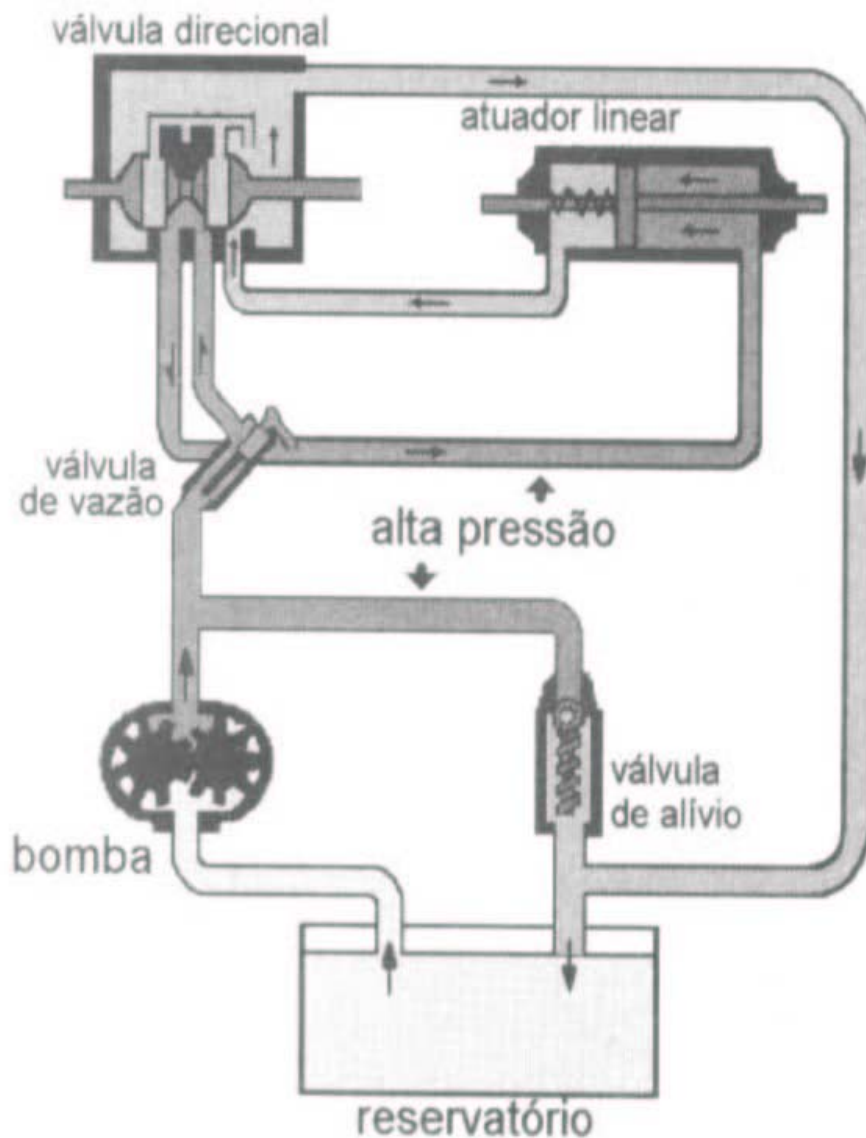
Divisão da hidráulica

Para fins didáticos, a hidráulica divide-se em dois ramos: a hidráulica industrial e a hidráulica móbil. A hidráulica industrial cuida de máquinas e sistemas hidráulicos utilizados nas indústrias, tais como máquinas injetoras, prensas, retificadoras, fresadoras, tornos etc. A hidráulica móbil cuida de mecanismos hidráulicos existentes nos sistemas de transportes e cargas caminhões, automóveis, locomotivas, navios, aviões, motoniveladoras, basculantes etc.

Circuito de trabalho industrial hidráulico

Um circuito hidráulico básico compõe-se de reservatório, bomba, válvula de alívio, válvula de controle de vazão, válvula direcional e um atuador que poderá ser linear ou rotativo.

A válvula que protege o sistema de sobrecarga é a válvula de alívio, também conhecida pelo nome de válvula de segurança.



O circuito funciona do seguinte modo:

- O óleo é succionado pela bomba e levado ao sistema;
- Entrando no sistema, o óleo sofre uma redução de vazão;
- O excesso de óleo volta para o reservatório passando pela válvula de alívio;
- Estando com a vazão reduzida, o óleo segue para o atuador que vai trabalhar com uma velocidade menor e adequada ao trabalho.
- A válvula direcional, por sua vez, comanda o avanço e o retorno do atuador, e todo o sistema está protegido de sobrecargas.

Manutenção de circuitos hidráulicos

A manutenção de circuitos hidráulicos exige os seguintes passos:

- Analisar previamente o funcionamento do circuito;
- Analisar as regulagens das válvulas;
- Verificar se a tubulação não apresenta pontos de vazamentos;
- Verificar a limpeza do óleo existente no reservatório.

Bombas

As bombas são utilizadas, nos circuitos hidráulicos, para converter energia mecânica em energia hidráulica.

Nos sistemas hidráulicos industriais e móveis, as bombas são de deslocamento positivo, isto é, fornecem determinada quantidade de fluido a cada rotação ou ciclo.

As bombas de deslocamento positivo podem ser lineares ou rotativas. As bombas lineares podem ser de pistões radiais e de pistões axiais, ao passo que as bombas rotativas podem ser de engrenagens ou de palhetas.

Bombas lineares de pistões radiais

Nesse tipo de bomba, o conjunto gira em um pivô estacionário por dentro de um anel ou rotor.

Conforme vai girando, a força tangencial faz com que os pistões sigam o contorno do anel, que é excêntrico em relação ao bloco de cilindros.

Quando os pistões começam o movimento alternando dentro de seus furos, os pórticos, localizados no pivô, permitem que os pistões admitam o fluido do pórtico de entrada – e estes se movem para fora – descarregando no pórtico de saída quando os pistões são forçados pelo contorno do anel, em direção ao pivô.

O deslocamento de fluido depende do tamanho e do número de pistões no conjunto, bem como do curso desses pistões. Existem modelos em que o deslocamento de fluido pode variar, modificando-se o anel para aumentar ou diminuir o curso dos pistões. Existem, ainda, controles externos para esse fim.

A figura abaixo mostra o esquema de uma bomba com pistões radiais.

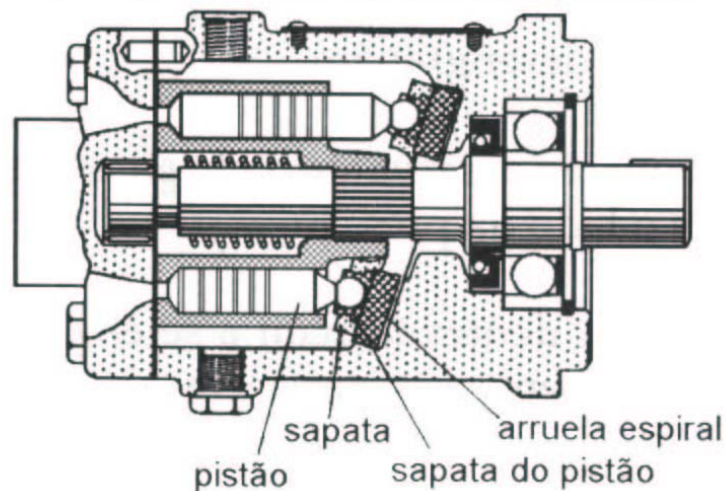


Bombas lineares de pistões axiais e sua manutenção

Uma bomba muito utilizada dentro dessa categoria é aquela em que o conjunto de cilindros e o eixo na mesma linha, e os pistões se movimentam em paralelo ao eixo de acionamento.

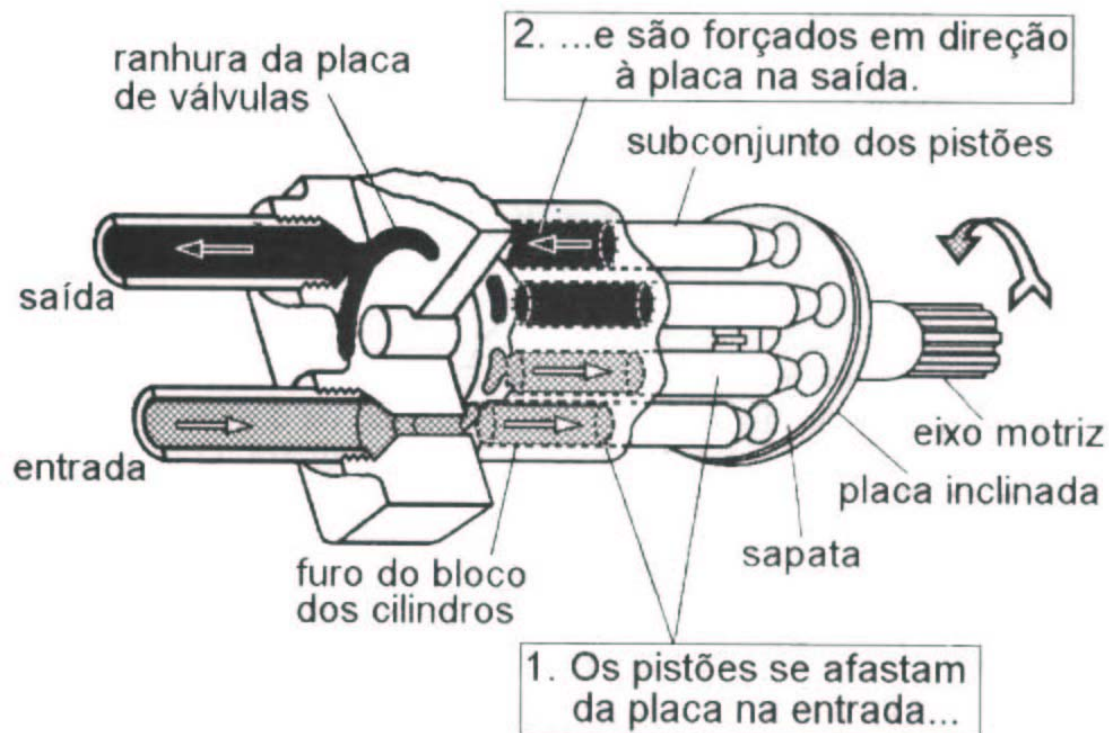
Os pistões são ajustados nos furos e conectados, através de sapatas, a um anel inclinado.

Um pino transmite a força da mola à arruela espiral que mantém a placa da sapata fixa.



Quando o conjunto gira, as sapatas seguem a inclinação do anel, causando um movimento recíproco dos pistões nos seus furos.

Os pórticos estão localizados de maneira que a linha de entrada se situe onde os pistões começam a recuperar, e a abertura de saída onde os pistões começam a ser forçados para dentro dos furos do conjunto.



Nesse tipo de bomba, o deslocamento de fluido é determinado pelo tamanho e quantidade de pistões, bem como de seus cursos; a função da placa inclinada é controlar o curso dos pistões.

Nos modelos com deslocamento variável, a placa está instalada num suporte móvel.

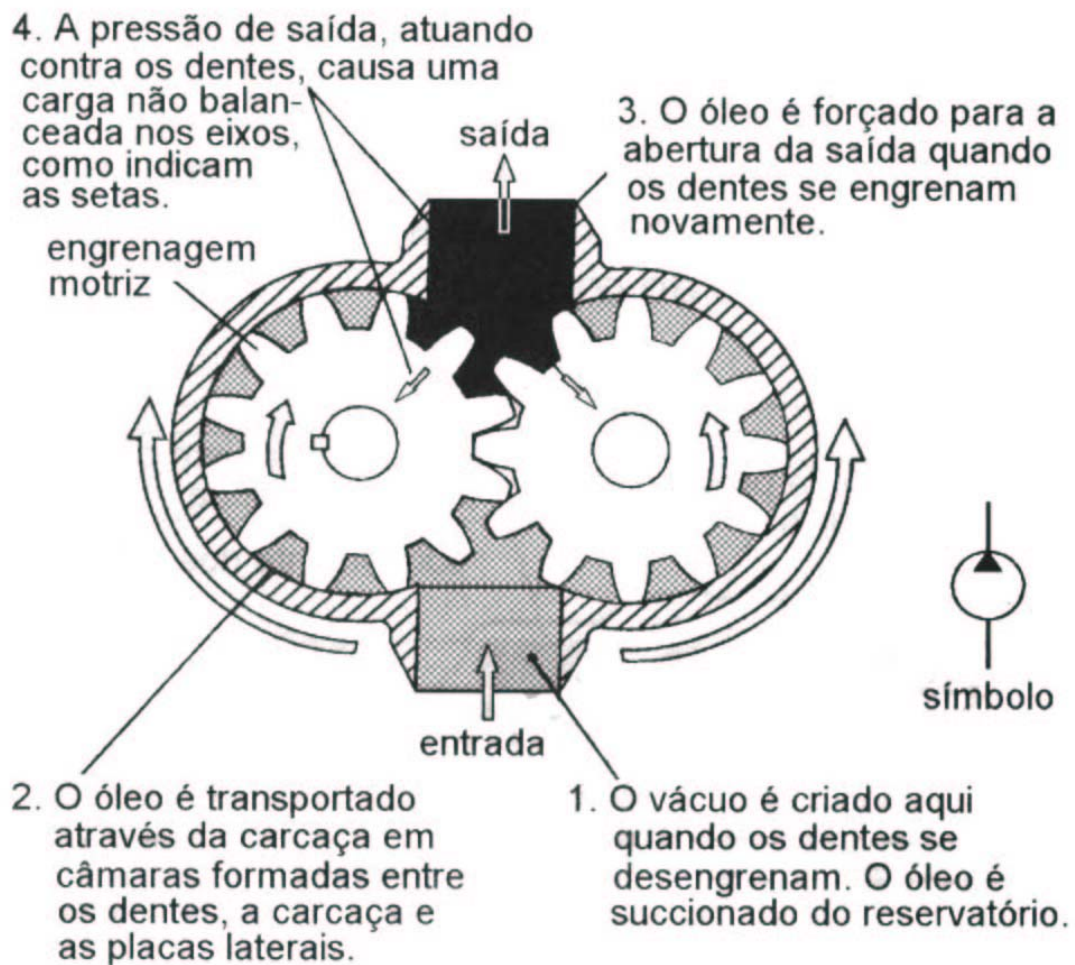
Movimentando esse suporte, o ângulo da placa varia para aumentar ou diminuir o curso dos pistões. O suporte pode ser posicionado manualmente, por servo-controle, por compensador de pressão ou por qualquer outro meio de controle. A manutenção de bombas de pistão axial consiste em trocar o conjunto rotativo toda vez que se verificar queda no rendimento. O óleo deve estar limpo e isento de água.

Bombas rotativas de engrenagens e sua manutenção.

Essas bombas apresentam rodas dentadas, sendo uma motriz, acionada pelo eixo, que impulsiona a outra, existindo folga axial e radial vedadas pela própria viscosidade do óleo.

No decorrer do movimento rotativo, os vãos entre os dentes são liberados à medida que os dentes se desengrenam. O fluido proveniente do reservatório chega a esses vãos e é conduzido do lado da sucção para o lado da pressão. No lado da pressão, os dentes tornam a se engrenar e o fluido é expulso dos vãos dos dentes; as engrenagens impedem o refluxo do óleo para a câmara de sucção.

A seguir mostramos o esquema de uma bomba de engrenagem externo.



A manutenção das bombas rotativas de engrenagens consiste em manter o óleo sempre limpo e sem água e em trocar as engrenagens desgastadas.

Bombas rotativas de palhetas e sua manutenção

Nas bombas de palhetas, um rotor cilíndrico, com palhetas que se deslocam em rasgos radiais, gira dentro de um anel circular.

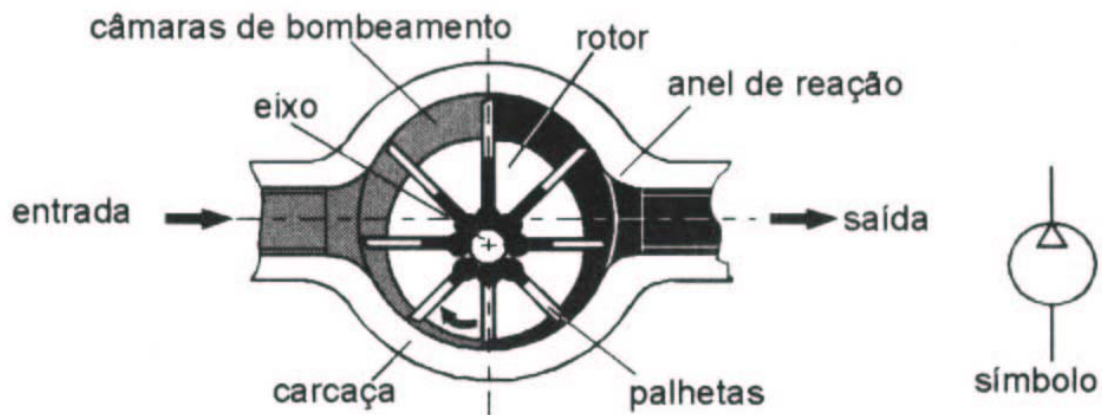
Pela ação das forças tangenciais, as palhetas tendem a sair do rotor, sendo obrigadas a manter contato permanente com a fase interna do anel. Mas a pressão sob as palhetas as mantém contra o anel de reação.

Esse sistema tem a vantagem de proporcionar longa vida à bomba, pois as palhetas sempre mantêm contato com o corpo, mesmo se elas apresentarem desgastes.

As palhetas dividem o espaço existente entre o corpo e o rotor em uma série de câmaras que variam de tamanho de acordo com sua posição ao redor do anel.

A entrada da bomba fica localizada em um ponto onde ocorre a expansão do tamanho das câmaras de acordo com o sentido de rotação do rotor e da sua excentricidade em relação ao anel.

O vácuo parcial, gerado pela expansão das câmaras de bombeamento, faz com que a pressão atmosférica empurre o óleo para o interior da bomba. O óleo é então transportado da entrada para a saída da bomba, onde as câmaras reduzem de tamanho, forçando o fluido para fora.



A manutenção das bombas de palhetas consiste na troca de todo o conjunto que se desgasta por causa do tempo de uso.

Manutenção do óleo hidráulico

Entre os fluidos que poderiam ser utilizados nos sistemas hidráulicos, o óleo é o mais recomendável porque, além de transmitir pressão, ele apresenta as seguintes propriedades:

- Atua como refrigerante permitindo as trocas de calor geradas no sistema;
- Por ser viscoso, atua como vedante,
- É praticamente imiscível em água;
- Oxida-se muito lentamente em contato com o oxigênio do ar.

A manutenção do óleo hidráulico exige os seguintes cuidados:

- Utilizar filtro de sucção;
- Utilizar filtro de retorno;
- Eliminar a água absorvida pelo ar que entra no reservatório;
- Usar aditivos e efetuar uma drenagem com filtração para separar o óleo da água;
- Trocar o óleo de todo o sistema, se o grau de contaminação do óleo for muito elevado.

ATUADORES HIDRÁULICOS

Os atuadores hidráulicos são representados pelos motores hidráulicos e pelos cilindros lineares.

Motores hidráulicos

Os motores hidráulicos são atuadores rotativos capazes de transformar energia hidráulica em energia mecânica, produzindo um movimento giratório.

Ao contrário das bombas que empurram o fluido num sistema hidráulico, os motores são empurrados pelo fluido, desenvolvendo torque e rotação.

Todo motor hidráulico pode funcionar como bomba; entretanto, nem toda bomba funciona como motor. Algumas bombas necessitam de modificações em suas características construtivas para exercerem a função de motor.

Quanto ao funcionamento, existem três tipos de motores hidráulicos:

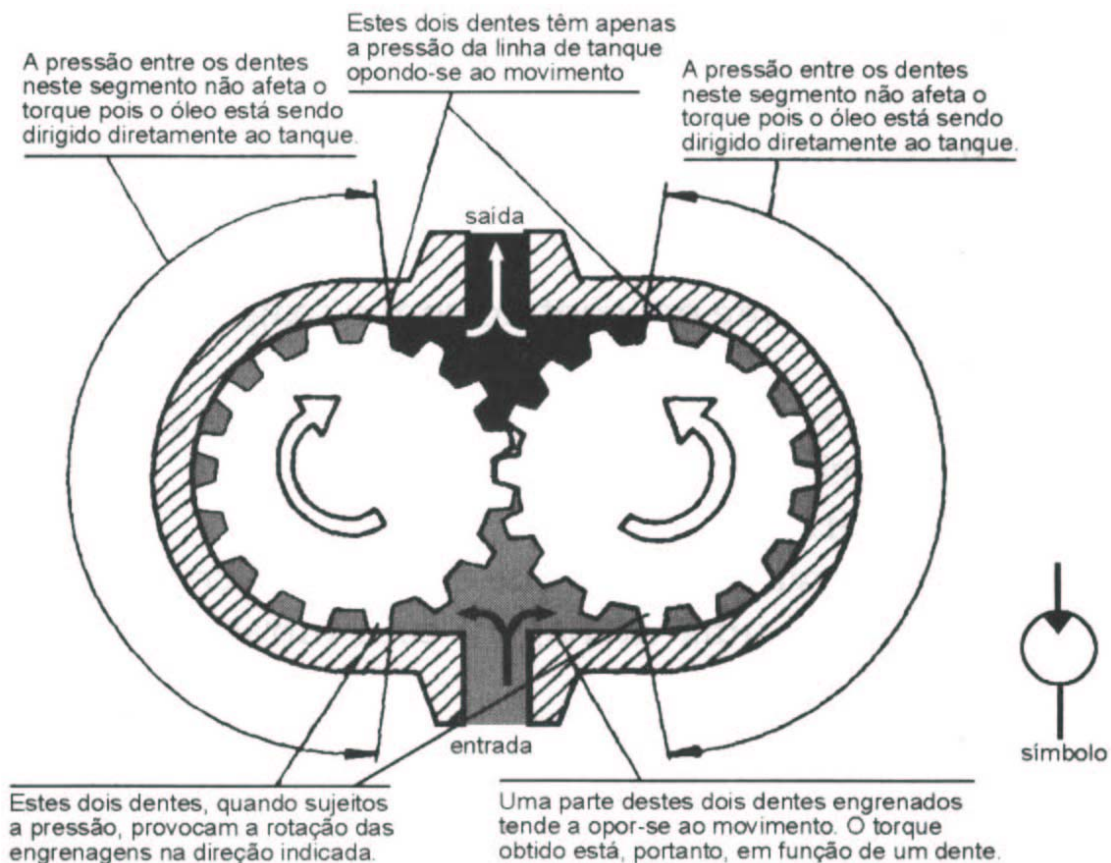
- O motor unidirecional, que se movimenta em um único sentido de rotação;
- O motor bidirecional (reversível), que produz rotação nos dois sentidos;
- O motor oscilante (angular), que gira em ambos os sentidos com ângulo de rotação limitado.

Entre os motores bidirecionais, o mais utilizado é o motor de engrenagens. Esse motor desenvolve torque por meio da pressão aplicada nas superfícies dos dentes das rodas dentadas. Elas giram juntas, mas apenas uma está ligada ao eixo do motor.

A rotação do motor pode ser invertida mudando a direção do fluxo de óleo.

A alta pressão na entrada e a baixa pressão na saída provocam altas cargas laterais no eixo, bem como nas rodas dentadas e nos rolamentos que as suporta. Isso faz com que os motores de engrenagens tenham sua pressão de operação limitada.

A figura abaixo mostra o corte de um motor de engrenagens.



O motor de engrenagens tem como vantagens principais sua simplicidade e sua maior tolerância à sujeira. A manutenção consiste em substituir o motor estragado por um motor novo.

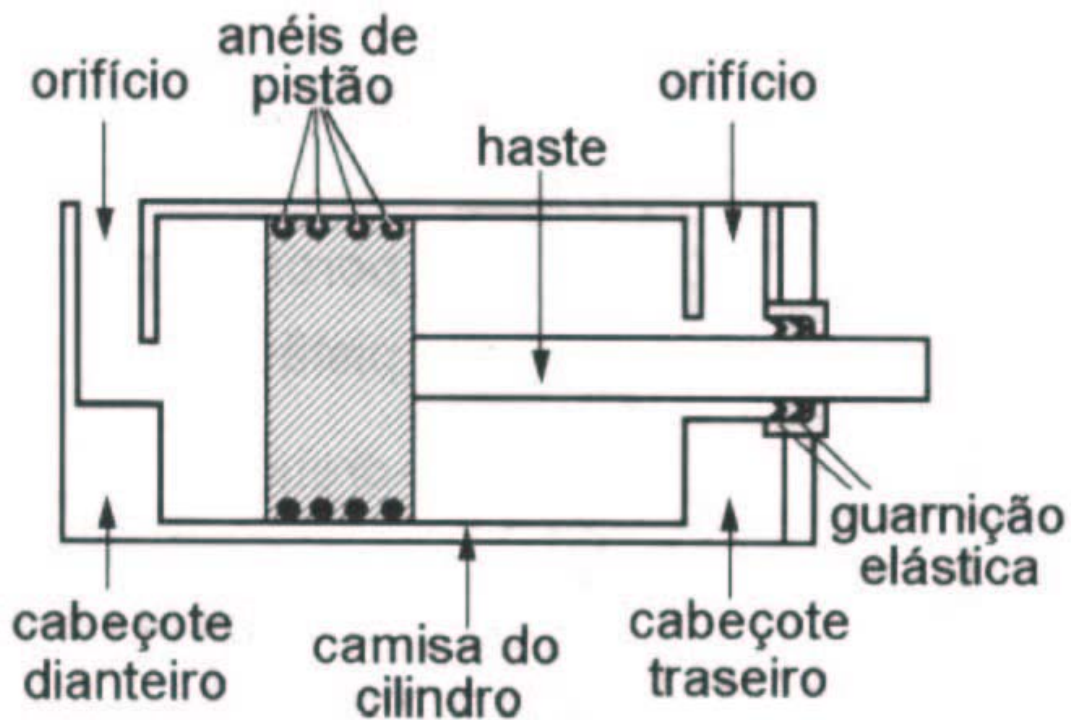
Cilindros e sua manutenção

Os cilindros têm um cabeçote em cada lado da camisa e um pistão móvel ligado à haste.

Em um dos lados a camisa do cilindro apresenta uma conexão de entrada, por onde o fluido penetra enquanto o outro lado é aberto.

Para manutenção, exige-se a troca das guarnições dos cilindros.

A figura abaixo mostra a estrutura interna de um cilindro.



VÁLVULAS HIDRÁULICAS

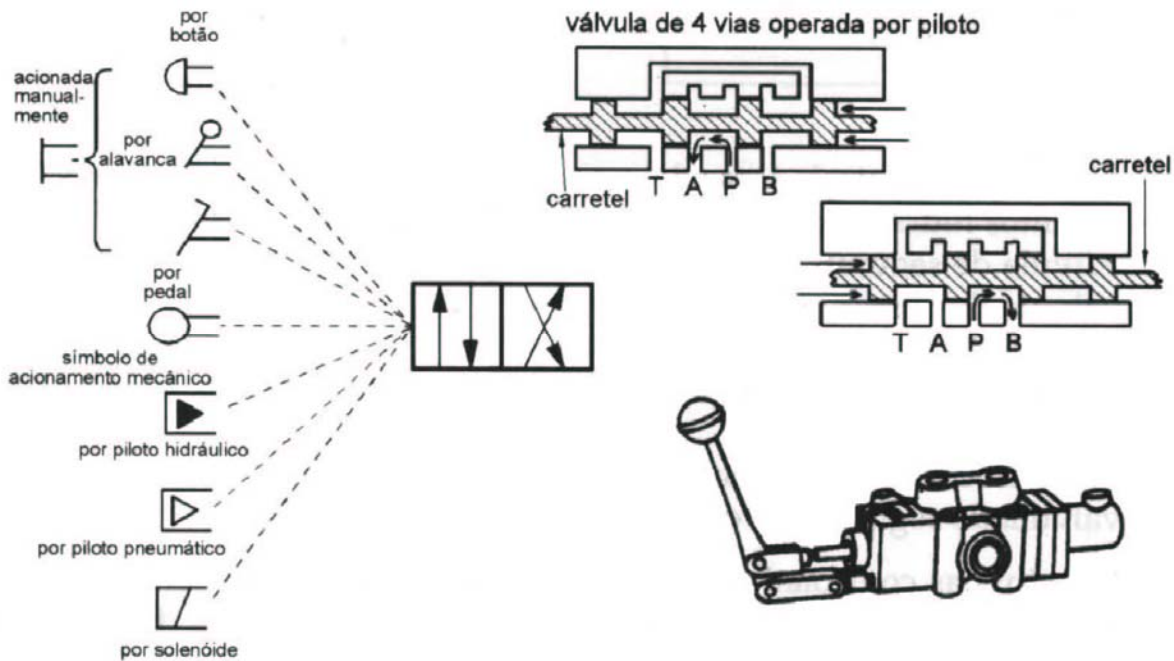
As válvulas hidráulicas dividem-se em quatro grupos:

- Válvulas direcionais;
- Válvulas de bloqueio;
- Válvulas controladoras de pressão;
- Válvulas controladoras de fluxo ou de vazão.

As **válvulas direcionais** são classificadas de acordo com o número de vias, número de posições de comando, tipos de acionamento e princípios de construção.

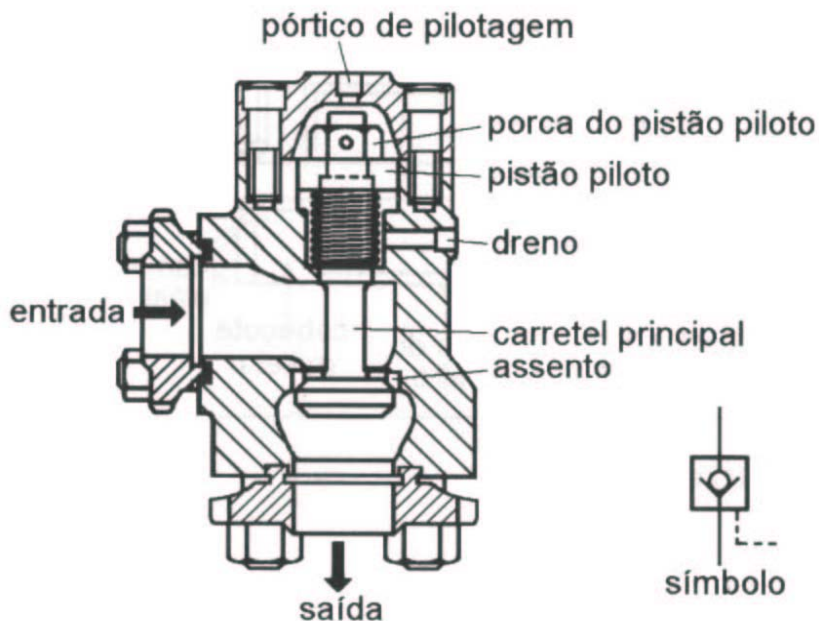
Dentre as válvulas direcionais, a mais comum é a **válvula de carretel**. O defeito mais comum nesse tipo de válvula é o engripamento do carretel, isto é, ele deixa de correr dentro do corpo da válvula. Outro defeito que uma válvula de carretel pode apresentar é a quebra de seu comando de acionamento.

A seguir mostramos um tipo de válvula direcional, um carretel e a simbologia de acionamento que as válvulas direcionais podem ter.



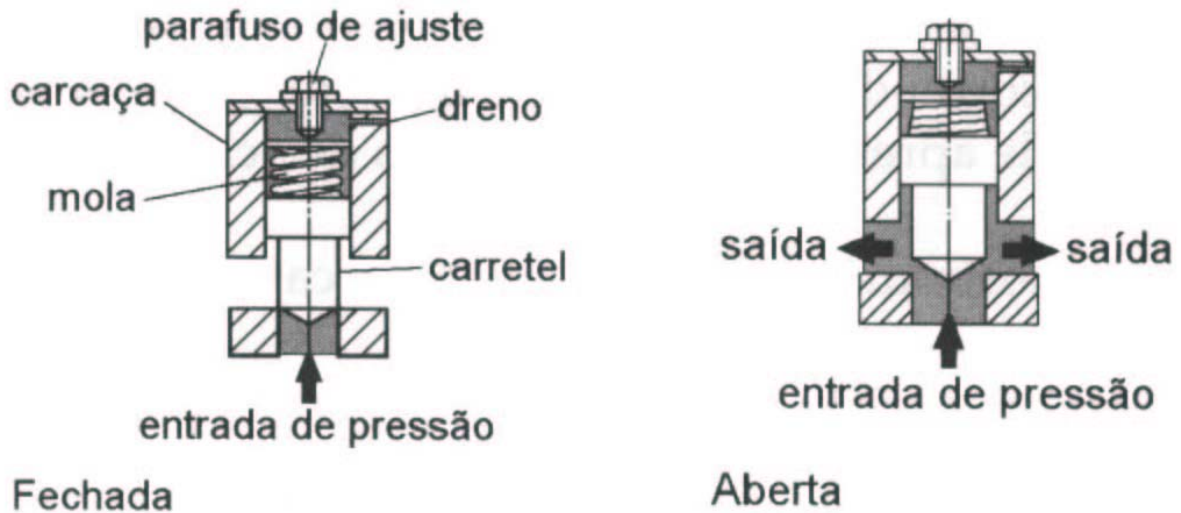
As **válvulas de bloqueio** têm a finalidade de segurar cargas verticais com estanqueidade de 100%. O maior defeito dessa válvula é a sede gasta. Sujeira no óleo também impede seu funcionamento. Uma válvula de bloqueio bastante utilizada em prensas é a de retenção pilotada.

A ilustração seguinte, em corte, mostra uma válvula de retenção pilotada.



As válvulas controladoras de pressão limitam ou reduzem a pressão de trabalho em sistemas hidráulicos. Essas válvulas são classificadas de acordo com o tamanho e a faixa de pressão de trabalho.

As figuras, em corte, mostram as características construtivas de uma válvula limitadora de pressão fechada e aberta.

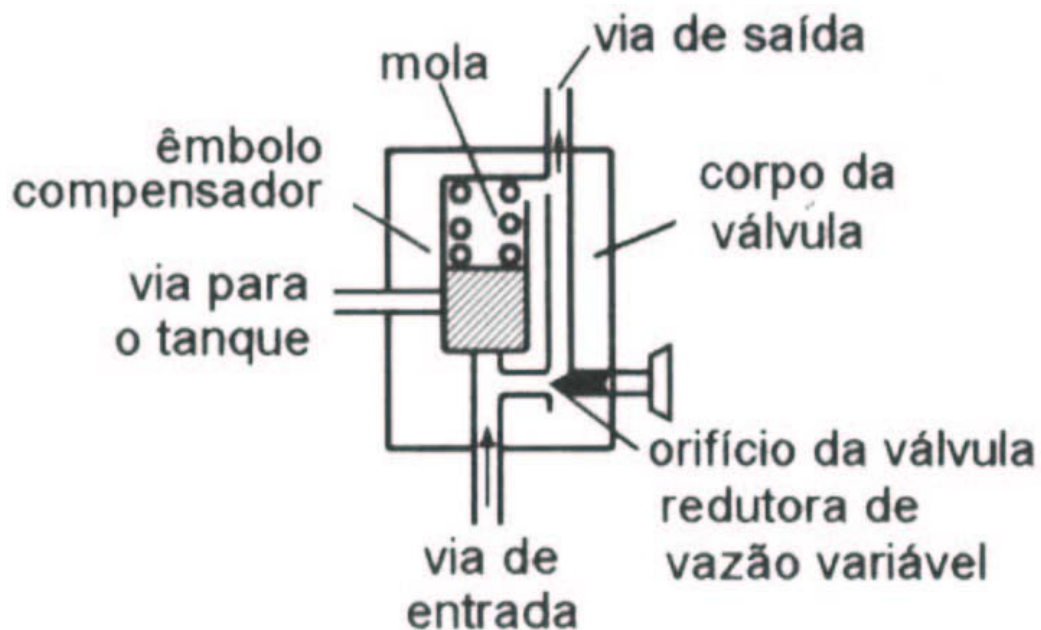


As válvulas controladoras de pressão podem assumir as seguintes funções nos circuitos hidráulicos:

- Válvula de segurança ou alívio;
- Válvula de descarga;
- Válvula de seqüência;
- Válvula de contrabalanço;
- Válvula de frenagem;
- Válvula redutora de pressão;
- Válvula de segurança e descarga.

As válvulas controladoras de fluxo ou de vazão controlam a quantidade de fluido a ser utilizado no sistema. Essas válvulas têm por função regular a velocidade dos elementos hidráulicos de trabalho. As válvulas controladoras de fluxo podem ser fixas ou variáveis, unidirecionais ou bidirecionais.

A figura abaixo, em corte, mostra uma válvula reguladora de vazão com pressão compensada, tipo by-pass. Essa válvula só deixa fluir a quantidade de óleo que foi regulada previamente, por mais que se aumente a pressão.



MANUTENÇÃO DE VÁLVULAS HIDRÁULICAS

A manutenção de válvulas hidráulicas deve abranger os seguintes itens:

Óleo – verificar grau de contaminação por água e sujeira.

Se for o caso, drenar e substituir o óleo contaminado e sujo por óleo novo, segundo especificações do fabricante.

Guarnições – trocar as desgastadas.

Molas – trocar as fatigadas.

Sede de assentamento – verificar o estado de desgaste.

Quando irrecuperáveis, as válvulas hidráulicas deverão ser substituídas por novas.

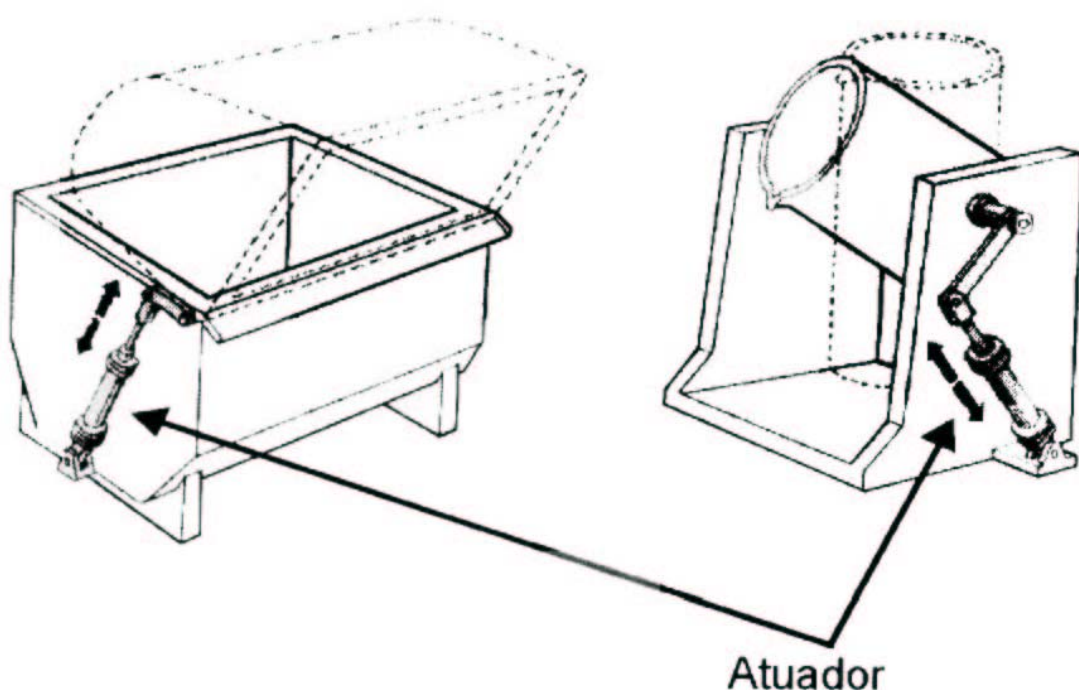
NOÇÕES BÁSICAS DE PNEUMÁTICA

A importância da pneumática

No universo da mecânica, muitas máquinas e equipamentos apresentam, além dos sistemas mecânicos (polias e correias, engrenagens, alavancas etc.), sistemas hidráulicos (funcionam à base de óleo) e sistemas pneumáticos (funcionam à base de ar comprimido).

A utilização das máquinas pelo homem sempre teve dois objetivos: reduzir ao máximo, o emprego da força muscular e obter bens em grandes quantidades. A pneumática contribui para que esses dois objetivos venham a ser alcançados. Ela permite substituir o trabalho humano repetitivo e cansativo nos processos industriais.

De fato, com atuadores pneumáticos, certas máquinas e equipamentos tornam-se mais velozes e mais seguros.



Outra vantagem da pneumática é que ela pode atuar em locais onde a pura energia mecânica, hidráulica e elétrica seriam desvantajosas.

Ar

O ar atmosférico é constituído por uma mistura de gases, tais como: oxigênio, nitrogênio, neônio, argônio, gás carbônico etc. Junto com esses gases, encontramos no ar atmosférico outras impurezas devidas à poluição (poeira, partículas de carbono provenientes de combustões incompletas, dióxido de enxofre etc.) e também vapor d'água.

Sendo abundante na natureza e gratuito, o ar atmosférico comprimido é a alma dos equipamentos pneumáticos.

Pneumática industrial

A pneumática industrial, por definição, é a soma de aplicações industriais onde a energia da compressão do ar é utilizada, notadamente em atuadores (cilindros e motores). O controle do trabalho executado pela energia da compressão do ar é efetuado por meio de válvulas.

O ar comprimido recomendado para o trabalho na pneumática tem de ser isento de impurezas e de água e apresentar pressão e vazão constantes.

Compressores

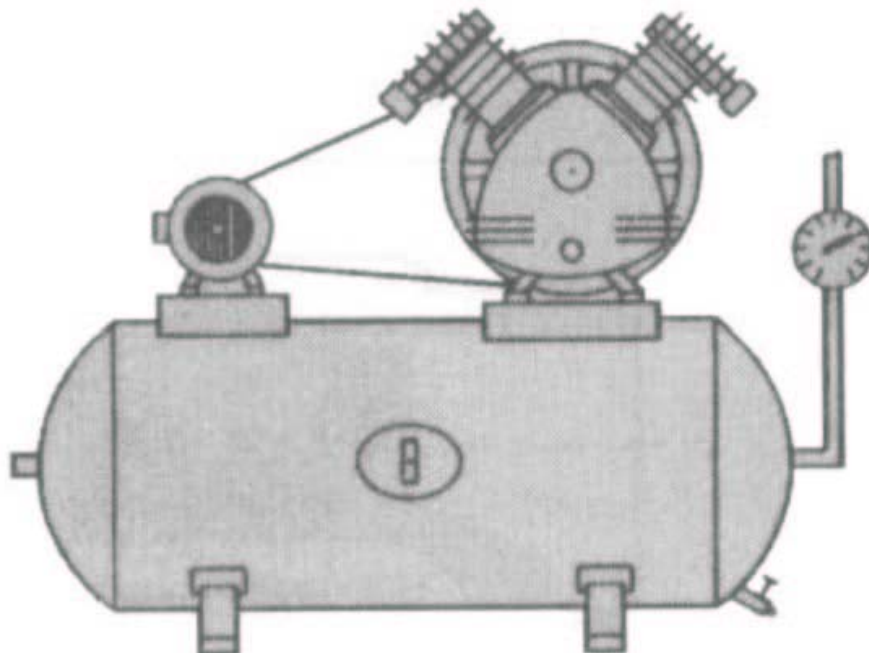
Compressores são máquinas que captam o ar, na pressão atmosférica local, comprimindo-o até atingir a pressão adequada de trabalho. Ao nível do mar, a pressão atmosférica normal vale uma atmosfera ou 1 atm.

Equivalência entre atm e outras unidades de pressão:

1 atm, 1 bar, 1,01325 psi (libra-força por polegada quadrada) 100.000 Pa = 100 Kpa

Em equipamentos pneumáticos, a pressão mais utilizada é aquela que se situa na faixa de 6 bar, ou seja, 600 Kpa.

A ilustração abaixo mostra um modelo de compressor.



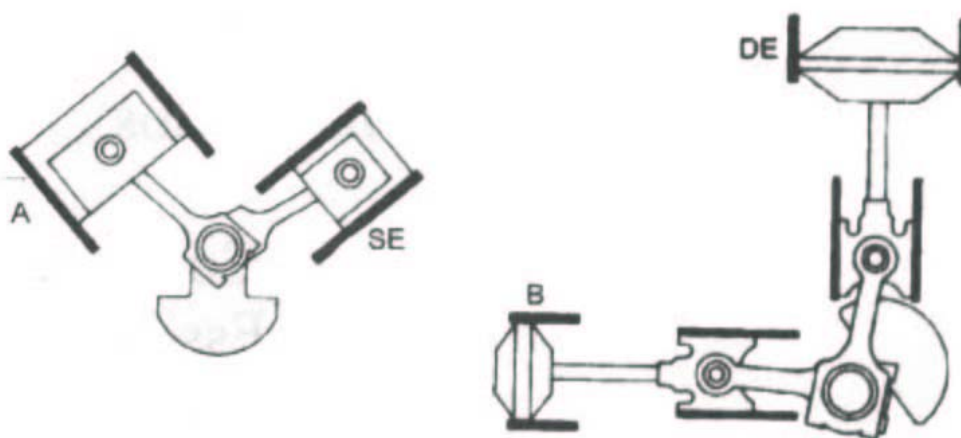
Classificação dos compressores

Os compressores são classificados em dois tipos: compressores de deslocamento positivo e compressores dinâmicos.

Compressores de deslocamento positivo

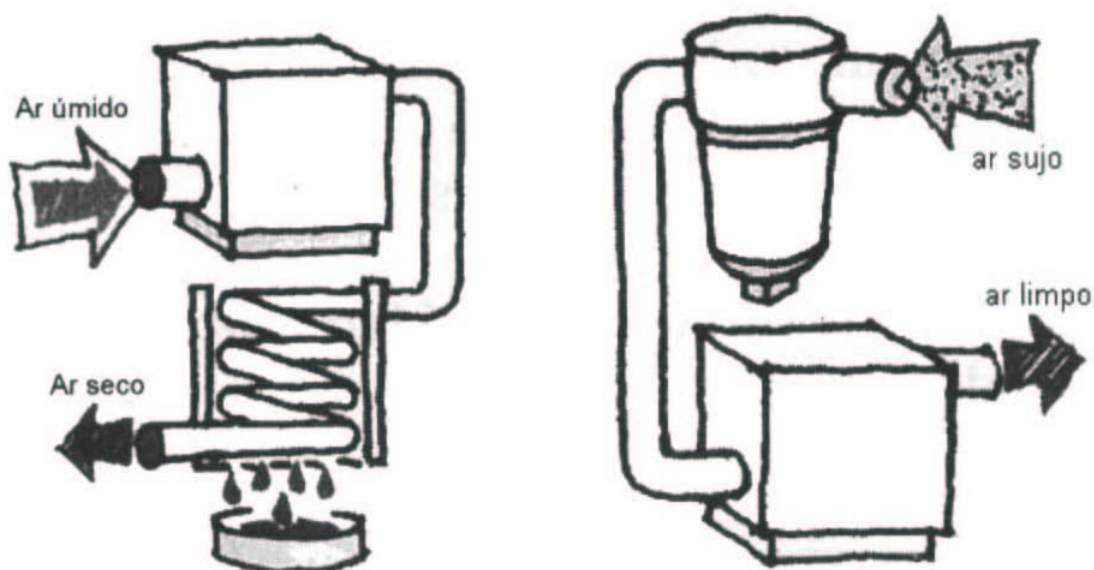
Nesses compressores, sucessivos volumes de ar são confinados em câmaras fechadas e elevados a pressões maiores. Dentro dessa categoria, os mais utilizados são os compressores de pistão e os compressores de parafuso.

Compressores de pistão – Podem ser de simples efeito (SE) e duplo efeito (DE), ou de um ou mais estágios de compressão, como mostra a figura abaixo.



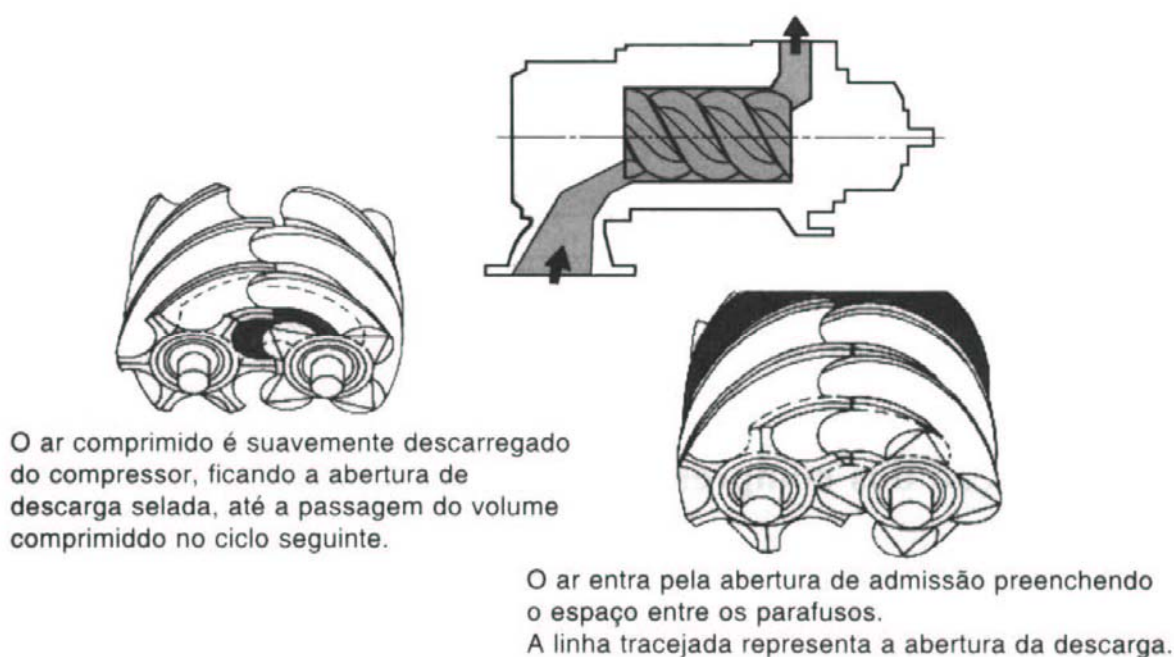
Manutenção dos compressores de pistão

Para uma eficaz manutenção desses compressores devem-se tomar os seguintes cuidados:



- Manter limpo o filtro de sucção e trocá-lo quando for necessário;
- O calor na compressão de um estágio para outro gera a formação de condensado, por causa da entrada de ar úmido, por isso é preciso eliminar a água;
- Verificar o nível de óleo;
- Verificar se as válvulas de sucção e descarga não estão travando;
- Verificar se as ligações de saídas de ar não apresentam vazamento;
- Verificar o aquecimento do compressor;
- Verificar a água de refrigeração;
- Verificar a tensão nas correias;
- Verificar o funcionamento da válvula de segurança.

Compressor de parafuso – O motor elétrico ou diesel impulsiona um par de parafusos que giram, um contra o outro, transportando o ar desde a seção de admissão até a descarga, comprimindo-o ao mesmo tempo.



Manutenção de compressores de parafuso

Os compressores de parafusos, por apresentarem poucas peças móveis e não apresentarem válvulas de entrada e saída e operarem com temperaturas internas relativamente baixas, não exigem muita manutenção.

Praticamente isentos de vibrações, esses equipamentos têm uma longa vida útil. Para instalá-los, recomenda-se assentá-los em locais distantes de paredes e teto em pisos de concreto nivelados.

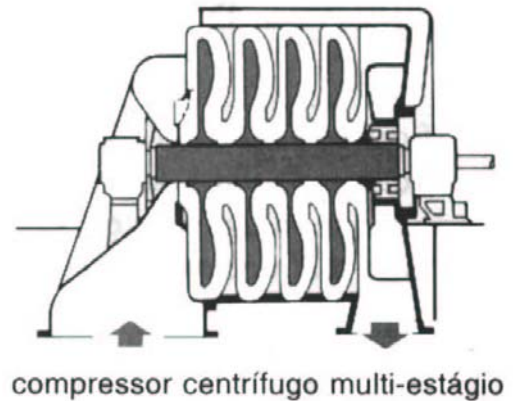
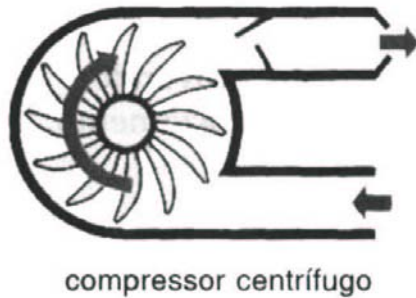
Compressores dinâmicos

Esses compressores aceleram o ar com a utilização de um elemento rotativo, transformando velocidade em pressão no próprio elemento rotativo que empurra o ar em difusores e lâminas. São usados para grandes massas de ar e apresentam um ou mais estágios. Dentro dessa categoria de compressores, os mais utilizados são o compressor centrífugo radial e o compressor axial.

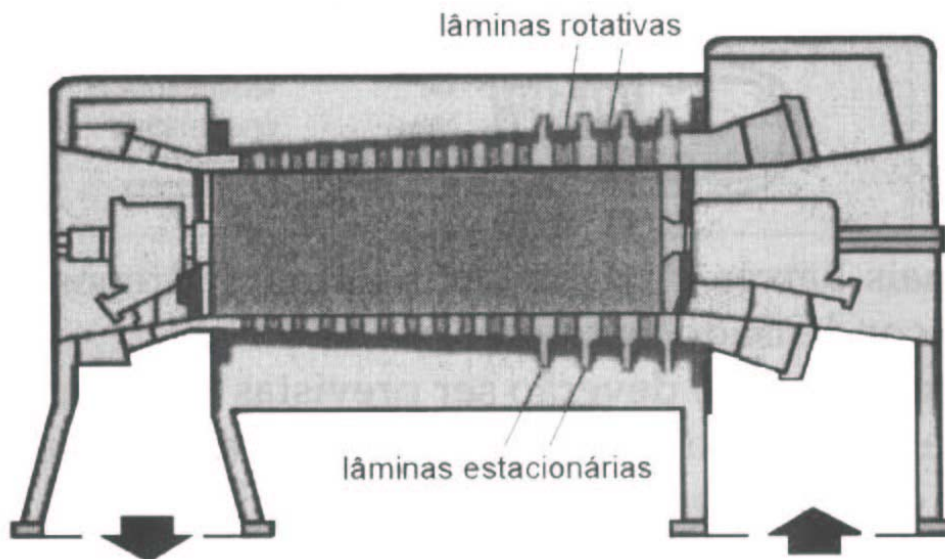
Compressor centrífugo radial – Este compressor é constituído por um rotor com pás inclinadas como uma turbina.

O ar é empurrado pelo rotor por causa de sua alta rotação e lançando através de um difusor radial. Os compressores centrífugos radiais podem ter um ou mais estágios.

O uso do compressor centrífugo radial é indicado quando se necessita de uma grande quantidade de ar constante.



Compressor axial – É usado para grandes capacidades de ar e altas rotações. Cada estágio consiste de duas fileiras de lâminas, uma rotativa e outra estacionária. As lâminas rotativas do rotor transmitem velocidade ao ar, e a velocidade é transformada em pressão nas lâminas estacionárias.



Manutenção dos compressores centrífugos radiais e axiais

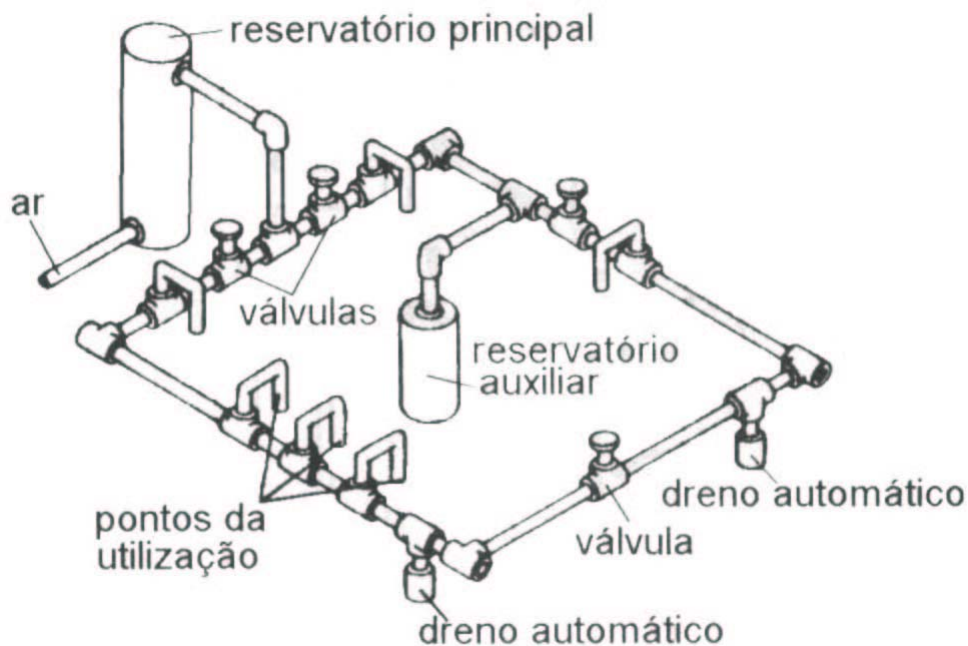
Por trabalharem em alta rotação, esses compressores devem ter uma programação que contemple os seguintes itens:

- Paradas para limpeza;
- Troca de rolamentos;
- Troca de filtros;
- Soldagem de lâminas danificadas;
- Realinhamento.

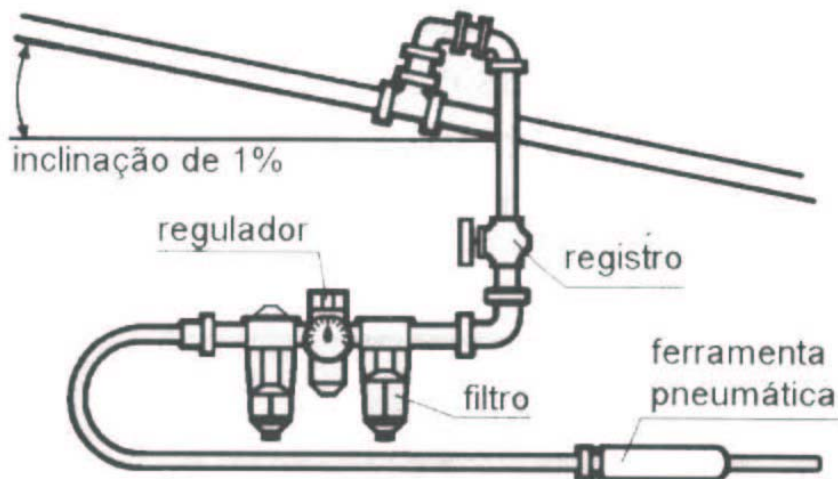
Recomenda-se a parada imediata desses compressores se eles apresentarem barulhos e / ou ruídos anormais.

Rede de ar comprimido

Depois de comprimido e de ter passado pelo reservatório principal e secadores, o ar segue pela rede. A rede é um circuito fechado que mantém a pressão reinante no interior do reservatório principal.

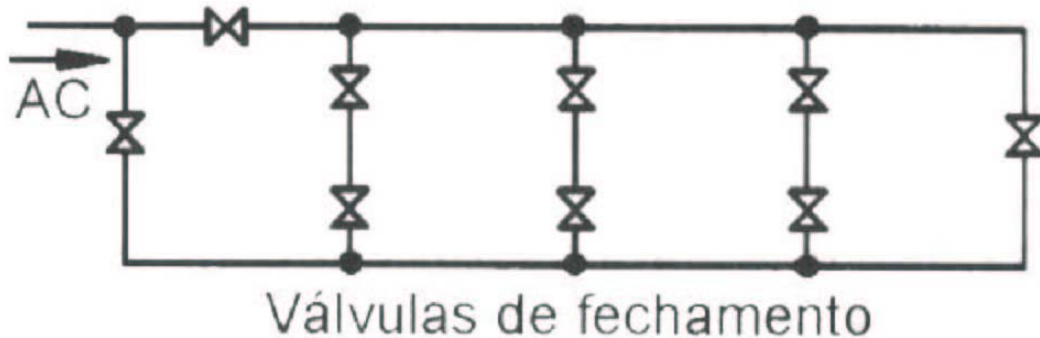


Para se construir uma rede de ar comprimido, os seguintes parâmetros deverão ser levados em consideração:



- As conexões das tubulações deverão ter raios arredondados para evitar a presença de fluxos turbulentos;
- A linha principal, em regra, deverá ter uma inclinação de aproximadamente 1% em relação ao seu comprimento;
- Nos pontos mais baixos deverão ser montados drenos automáticos para drenagem do condensado água-óleo;
- Expansões futuras da rede deverão ser previstas em projeto;

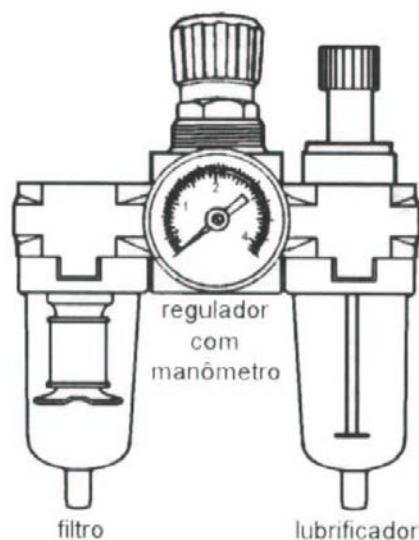
- As tomadas de ar deverão estar situadas sempre por cima da rede;
- As tubulações de ar comprimido deverão ser pintadas na cor azul;
- Prever, em projeto, a construção de reservatórios auxiliares;
- As tubulações da rede deverão ser aéreas e nunca embutidas em paredes. Sendo aéreas, serão mais seguras e de fácil manutenção;
- Construir a rede de forma combinada, de modo que se algum ramo tiver de ser interrompido, os demais continuem funcionando para garantir a produção. Daí a importância de válvulas ao longo do circuito.



Manutenção da rede de ar comprimido

A manutenção da rede de ar comprimido requer os seguintes passos:

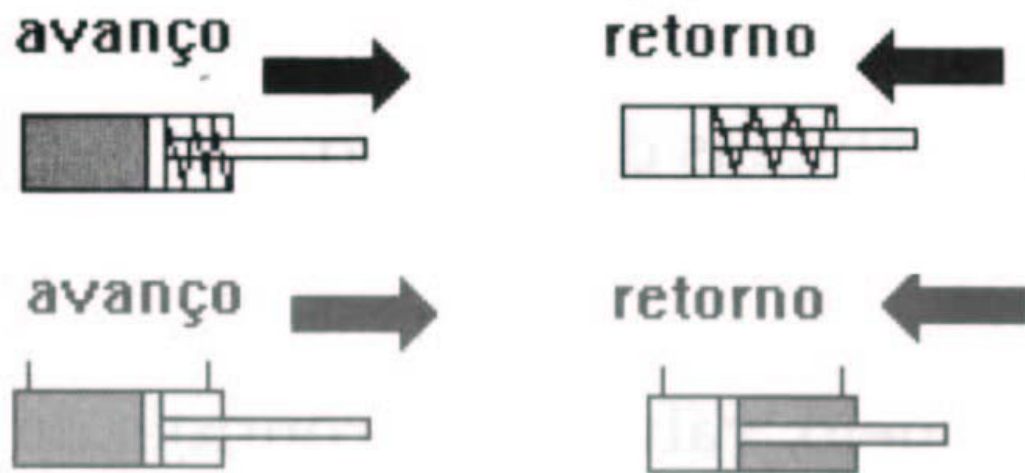
- Verificar as conexões para localizar vazamentos;
- Drenar a água diariamente ou de hora em hora;
- Analisar se está tudo em ordem com a F.R.L (filtro, regulador e lubrificador), de instalação obrigatória na entrada de todas as máquinas pneumáticas.



ATUADORES PNEUMÁTICOS

Os atuadores pneumáticos se dividem em duas categorias: os lineares e os rotativos. Os lineares convertem energia pneumática em movimento linear, e os rotativos convertem energia pneumática em movimento rotativo.

Os atuadores lineares de simples efeito e de duplo efeito são os mais usuais, não importando se são cilíndricos, quadrados ou com outros formatos. Pela simbologia adotada pela ISO 1219, esses atuadores são assim representados.

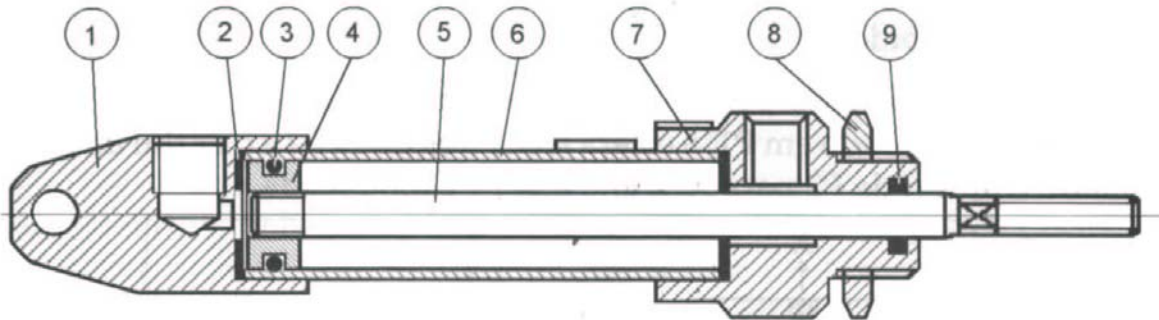


Manutenção dos atuadores em geral

Para se fazer a manutenção dos atuadores, é necessário ter em mãos os catálogos dos fabricantes. Nesses catálogos são encontrados os parâmetros de construção mais importantes para a manutenção, ou seja:

- O diâmetro interno do cilindro;
- O diâmetro da haste;
- A pressão máxima;
- A temperatura de trabalho;
- O curso mínimo e máximo;
- Dados a respeito do amortecedor;
- O tipo de fluido lubrificante a ser utilizado;
- A força máxima no avanço;
- A força de retorno;
- Tipos de montagem.

O exemplo a seguir, retirado do catálogo de um fabricante, mostra um atuador cilíndrico de duplo efeito. Observe seus parâmetros de construção:



- 01 – cabeçote traseiro: latão
- 02 - anel de encosto: buna – N
- 03 - guarnição O’ring: buna – N
- 04 – êmbolo: latão
- 05 – haste: aço SAE 1045 cromado ou aço inox
- 06 – tubo: latão
- 07 - cabeçote dianteiro: latão
- 08 – porca: latão
- 09 - guarnição O’ring:buna-N

Observação: buna – N é a denominação dada a um dos tipos de borracha sintética.

Analisada a avaria existente no cilindro, o mecânico de manutenção, de posse do catálogo, orienta-se pelo desenho e pelos parâmetros para executar os trabalhos de reparo necessários.

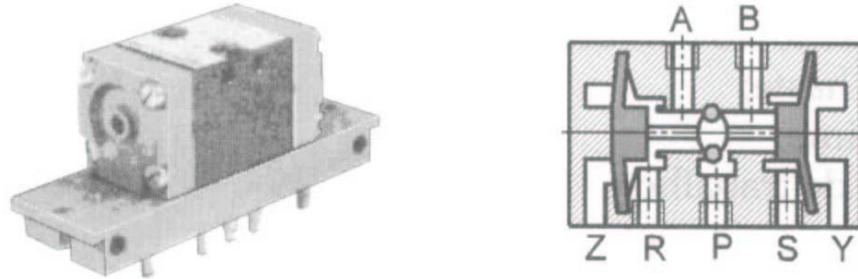
As avarias mais comuns nos atuadores pneumáticos são as seguintes:

- Desgaste de retentores;
- Mola do cilindro fatigada;
- Desgaste na camisa do atuador;
- Excesso de pressão;
- Respiro do cilindro de simples efeito;
- Ressecamento de guarnições e retentores.

Manutenção de válvulas de controle pneumáticas

Há quatro grupos de válvulas pneumáticas: válvulas direcionais, válvulas de bloqueio, válvulas de controle de fluxo e válvulas de pressão.

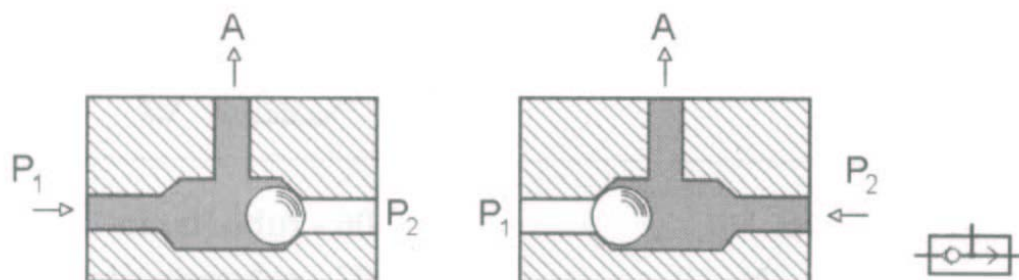
Válvulas direcionais – São as mais importantes porque orientam, com lógica, o caminho do ar comprimido dentro do sistema. As mais comuns são as de cinco vias e duas posições (5/2) e as de três vias e duas posições (3/2), ambas adaptáveis a qualquer comando de acionamento.



A manutenção básica das válvulas direcionais consiste, basicamente, em limpá-las internamente e em trocar seus anéis de borracha. Muitas vezes, por motivos de economia, é preferível trocar válvulas direcionais avariadas por válvulas novas.

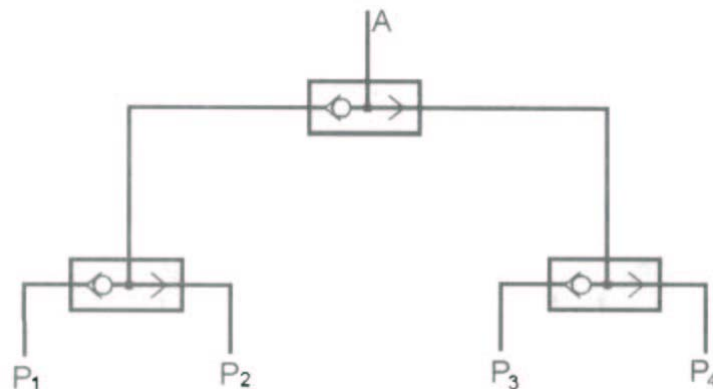
Válvulas de bloqueio – Essas válvulas bloqueiam, seguindo uma lógica de programação, o sentido de circulação do ar comprimido dentro do sistema. Na categoria de válvulas de bloqueio, as mais utilizadas são as seguintes: válvulas alternadoras, válvulas de simultaneidade ou de duas pressões e válvulas de escape rápido.

As **Válvulas alternadoras** possuem duas entradas P1 e P2 e uma saída A. Entrando ar comprimido em P1, a esfera fecha a entrada P2 e o ar flui de P1 para A. Quando o ar flui de P2 para A, a entrada P1 é bloqueada.



Com pressões iguais e havendo coincidência de sinais em P1 e P2, prevalecerá o sinal que chegar primeiro. Em caso de pressões diferentes, a pressão maior fluirá para A.

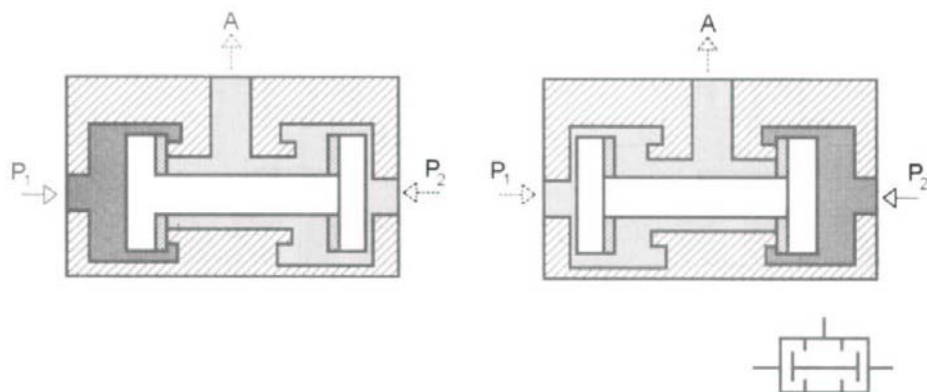
As válvulas alternadoras são empregadas quando há necessidade de enviar sinais de lugares diferentes a um ponto comum de comando. O diagrama a seguir mostra um exemplo de aplicação de válvulas alternadoras.



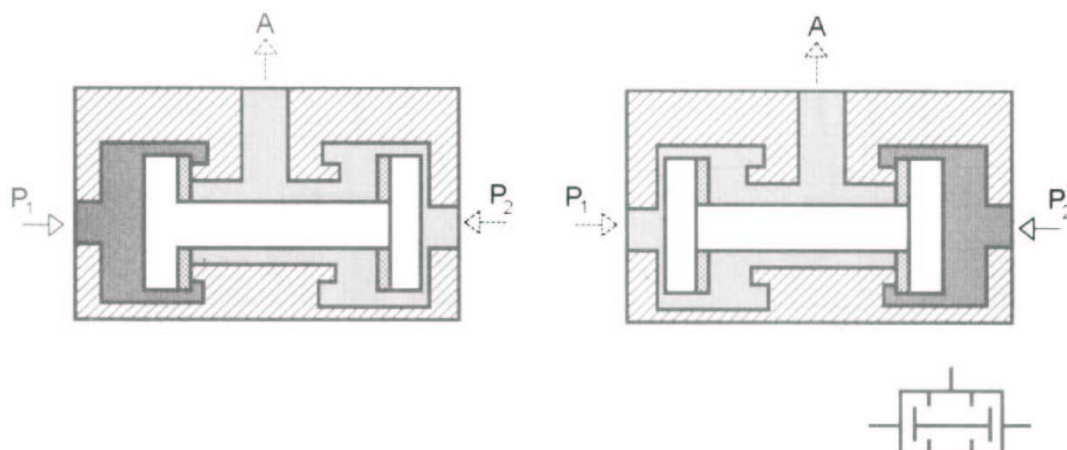
As **válvulas de simultaneidade ou de duas pressões** possuem duas entradas P1 e P2 e uma saída A. Entrando um sinal em P1 ou P2, o pistão impede o fluxo de ar para A.

Existindo diferença de tempo entre sinais de entrada com a mesma pressão, o sinal atrasado vai para a saída A.

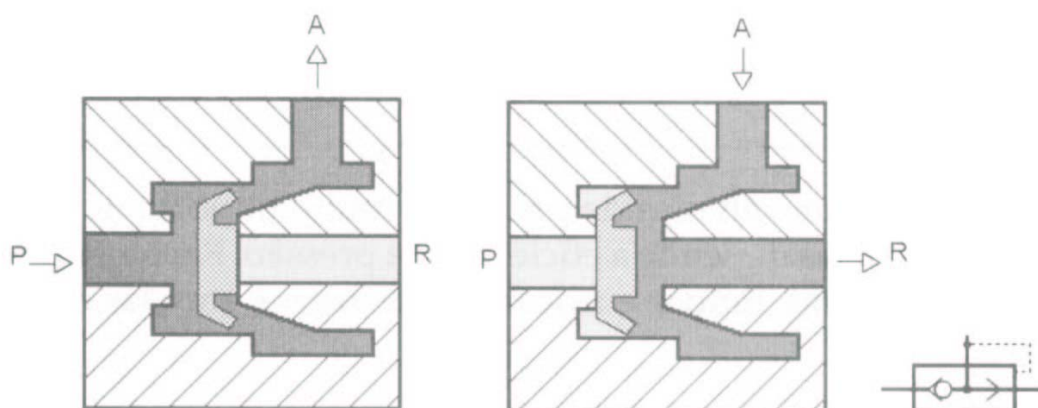
Com pressões diferentes dos sinais de entrada, a pressão maior fecha um lado da válvula e a pressão menor vai para a saída A.



O diagrama mostra um exemplo de aplicação de válvulas de simultaneidade.



Quando se necessita de movimentos rápidos do êmbolo nos cilindros, com velocidade superior àquela desenvolvida normalmente, utiliza-se a **válvula de escape rápido**.



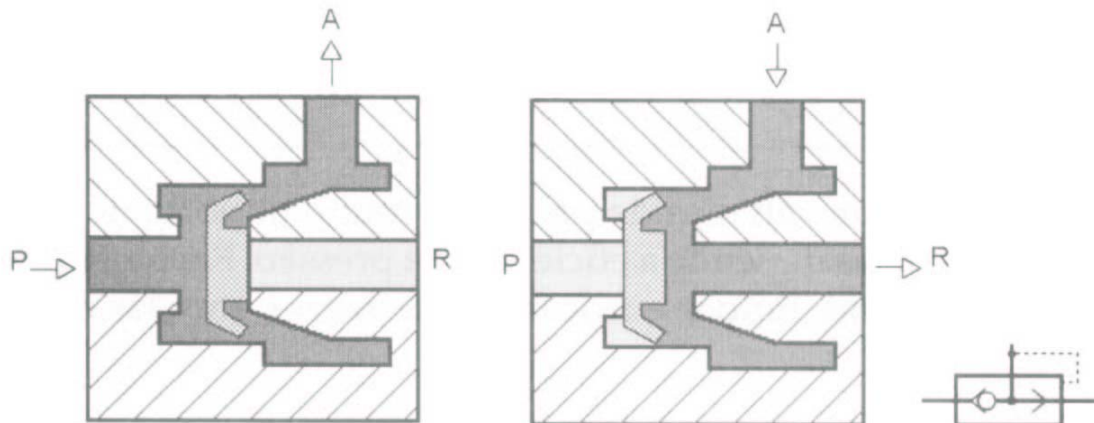
A válvula possui conexões de entrada (P), de saída (R) e de alimentação (A).

Havendo fluxo de ar comprimido em P , o elemento de vedação impede a passagem do fluxo em R e o ar flui para A .

Eliminando a pressão em P , o ar, que retorna por A , desloca o elemento de vedação contra a conexão P e provoca o bloqueio. Desta forma, o ar escapa rapidamente por R para a atmosfera. Assim, evita-se que o ar de escape seja obrigado a passar por uma canalização mais longa e de diâmetro pequeno até a válvula de comando.

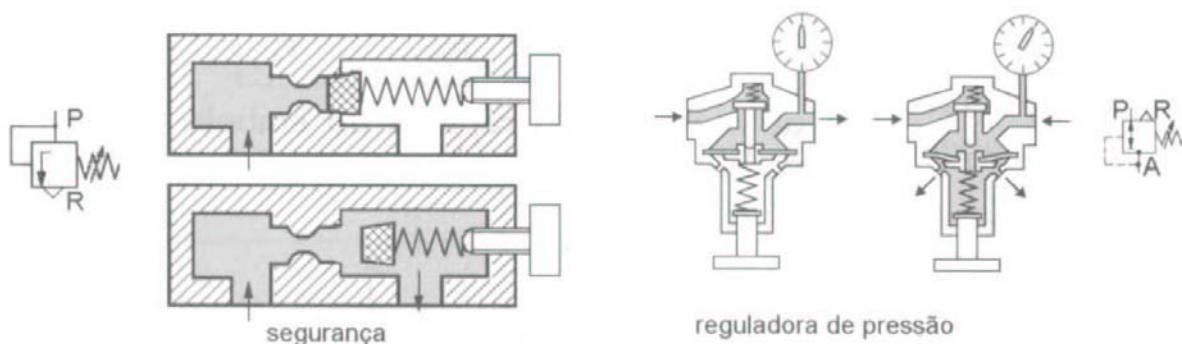
É recomendável colocar a válvula de escape rápido diretamente no cilindro ou, então, o mais próximo dele.

Válvulas de controle de fluxo – São válvulas que controlam a vazão de ar nos atuadores. Entre as válvulas de controle de fluxo, a mais usada é a **válvula de controle de fluxo unidirecional**, mostradas a seguir.



Os defeitos mais comuns que a válvula de controle de fluxo unidirecional apresenta é o desgaste da sede de fechamento e quebras nas guarnições de borracha.

Válvulas de pressão – São válvulas que funcionam a partir de certa pressão de regulação. As mais utilizadas são as **válvulas de segurança** (agem no sentido da pressão limite de segurança do sistema) e as **válvulas reguladoras de pressão com escape** (agem no sentido de manter uma pressão regulável para o trabalho de uma máquina).



A manutenção das válvulas de pressão é muito importante para o sistema pneumático, pois delas depende a eficiência da pressão. Recomenda-se, além de uma limpeza semestral, limpar e trocar as guarnições e molas das válvulas de pressão.