

PROCEL INDÚSTRIA

EDIÇÃO S E R I A D A

2

ACOPLAMENTO MOTOR CARGA GUIA BÁSICO

2009



ACOPLAMENTO MOTOR CARGA

GUIA BÁSICO

2009

© 2008. CNI – Confederação Nacional da Indústria

IEL – Núcleo Central

ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

ELETROBRÁS

Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

Av. Presidente Vargas, 409, 13º andar, Centro

20071-003 Rio de Janeiro RJ

Caixa Postal 1639

Tel 21 2514-5151

www.eletronbras.com

eletronbr@eletronbras.com

INSTITUTO EUVALDO LODI

IEL/Núcleo Central

Setor Bancário Norte, Quadra 1, Bloco B

Edifício CNC

70041-902 Brasília DF

Tel 61 3317-9080

Fax 61 3317-9360

www.iel.org.br

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

Av. Rio Branco, 53, 14º, 15º, 19º e 20º andares

Centro, 20090-004 Rio de Janeiro RJ

www.eletronbras.com/procel

procel@eletronbras.com

Ligação Gratuita 0800 560 506

CNI

Confederação Nacional da Indústria

Setor Bancário Norte, Quadra 1, Bloco C

Edifício Roberto Simonsen

70040-903 Brasília DF

Tel 61 3317- 9001

Fax 61 3317- 9994

www.cni.org.br

Serviço de Atendimento ao Cliente – SAC

Tels 61 3317-9989 / 61 3317-9992

sac@cni.org.br

PROCEL INDÚSTRIA – Eficiência Energética Industrial

Av. Rio Branco, 53, 15º andar, Centro

20090-004 Rio de Janeiro RJ

Fax 21 2514-5767

www.eletronbras.com/procel

procel@eletronbras.com

Ligação Gratuita 0800 560 506

A185

Acoplamento motor carga: guia básico / Eletrobrás [et al.]. Brasília : IEL/NC, 2008.

142 p. : il.

ISBN 978-85-87257-37-6

1. Máquinas 2. Acoplamentos 3. Motores I. Eletrobrás II. CNI – Confederação Nacional da Indústria III. IEL – Núcleo Central IV. Título.

CDU: 621.65

ELETROBRÁS / PROCEL

Presidência

José Antônio Muniz Lopes

Diretoria de Tecnologia

Ubirajara Rocha Meira

Departamento de Projetos de Eficiência Energética

Fernando Pinto Dias Perrone

Divisão de Eficiência Energética na Indústria e Comércio

Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

Presidente

Armando de Queiroz Monteiro Neto

INSTITUTO EUVALDO LODI – IEL / NÚCLEO CENTRAL

Presidente do Conselho Superior

Armando de Queiroz Monteiro Neto

Diretor-Geral

Paulo Afonso Ferreira

Superintendente

Carlos Roberto Rocha Cavalcante

Equipe Técnica

ELETROBRÁS / PROCEL

Equipe PROCEL INDÚSTRIA

Alvaro Braga Alves Pinto

Bráulio Romano Motta

Carlos Aparecido Ferreira

Carlos Henrique Moya

Humberto Luiz de Oliveira

Lucas Vivaqua Dias

Marília Ribeiro Spera

Roberto Piffer

Roberto Ricardo de Araujo Goes

Colaboradores

George Alves Soares

Vanda Alves dos Santos

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

DIRETORIA EXECUTIVA – DIREX

Diretor

José Augusto Coelho Fernandes

Diretor de Operações

Rafael Esmeraldo Lucchessi Ramacciotti

Diretor de Relações Institucionais

Marco Antonio Reis Guarita

Unidade de Competitividade Industrial – COMPI

Gerente-Executivo

Maurício Otávio Mendonça Jorge

Gerente de Infra-Estrutura

Wagner Ferreira Cardoso

Coordenação Técnica

Rodrigo Sarmento Garcia

SUPERINTENDÊNCIA DE SERVIÇOS COMPARTILHADOS – SSC Área Compartilhada de Informação e Documentação – ACIND

Normalização

Gabriela Leitão

INSTITUTO EUVALDO LODI – IEL / NÚCLEO CENTRAL

Gerente-Executivo de Operações

Júlio Cezar de Andrade Miranda

Gerente de Desenvolvimento Empresarial – GDE

Diana de Mello Jungmann

Coordenação Técnica

Patrícia Barreto Jacobs

Gerente de Relações com o Mercado – GRM

Oto Morato Álvares

Responsável Técnico

Ana Amélia Ribeiro Barbosa

SENAI / DN

Gerente-Executivo da Unidade de Educação Profissional – UNIEP

Alberto Borges de Araújo

Apoio Técnico

Diana Freitas Silva Néri

Gerente-Executiva da Unidade de Relações com o Mercado – UNIREM

Mônica Côrtes de Domênico

SENAI / RS

Conteudista

Paulo Adolfo Dai Pra Boccasius

Revisão Pedagógica

Aury da Silva Lutz

Coordenação do projeto pelo SENAI / RS

Joseane Machado de Oliveira

Supervisão Pedagógica

Regina Averbug

Editoração Eletrônica

Link Design

Revisão Gramatical

Marluce Moreira Salgado

SUMÁRIO

Apresentação

Capítulo 1 – Máquinas, conjuntos, subconjuntos e peças 13

Máquinas e dispositivos 14

Peças componentes 16

Eixos 17

Sistemas de ajustes/tolerâncias 18

Mancais 21

Mancais de rolamentos 23

Balanceamento 25

Acidente 29

Situação perigosa 29

Capítulo 2 – Sistema de acionamento / motores elétricos 33

Conjunto de acionamento 34

Motores elétricos 36

Partida do motor de indução 40

Motores de alto rendimento 45

Aterramentos 50

Sistemas de aterramento 51

Correntes de curto circuito 54

Norma de segurança para trabalho com eletricidade – NR 10 56

Cuidados ao efetuar trabalhos em eletricidade 59

Segurança em instalações elétricas desenergizadas 60

Sinalização de segurança 60

Seqüência para reenergização 62

Medidas de proteção individual 62

Segurança na construção, montagem, operação e manutenção 63

Capítulo 3 – Formas de transmissão mecânica 67

Transmissão por conectores flexíveis 68

Montagem de correias 70

Tolerâncias de fabricação 71

Correias dentadas 72

Transmissão por correntes de rolos 73
Rodas dentadas (engrenagem) 74
Redutores 75

Capítulo 4 – Acoplamentos 81

Acoplamentos 82

Chavetas 82

Tipos de desalinhamentos 85

Acoplamentos flexíveis 87

Acoplamentos de engrenagens 87

Acoplamentos com insertos flexíveis 88

Acoplamentos com insertos flexíveis, tipo mandíbulas 88

Acoplamentos de grades 89

Acoplamentos de espiral 90

Acoplamentos móveis 91

Junta de articulação 91

Montagem dos acoplamentos 92

Tipos de alinhamento 92

Acoplamentos hidrodinâmicos 97

Princípio de funcionamento 98

Capítulo 5 – Manutenção das máquinas e equipamentos 105

Manutenção das máquinas 106

Gestão e administração 108

Como iniciar um programa de manutenção preventivo 108

Análise de danos e defeitos 109

Custo de manutenção 109

Engenharia de confiabilidade 110

Estruturas 113

Manutenção de elementos de máquinas 114

Correias em V 114

Transmissão por correntes 116

Danos nas engrenagens 117

Eixos 120

Lubrificação 121

Lubrificante 122

Funções dos lubrificantes 123

Tipos de lubrificantes 124

Características dos óleos lubrificantes 125

Lubrificação / métodos 126

Graxas 126

Lubrificação de mancais de rolamento 129

Lubrificação de mancais de deslizamento 130

Lubrificação em engrenagens 131

Segurança nos trabalhos de manutenção 131

Classes de incêndio 131

Tipos de extintores 132

Trabalhos em alturas 134

Eficientização 135

Capítulo 6 – Medidas para a melhoria do desempenho energético e vida útil dos acoplamentos 139

Referências 141



APRESENTAÇÃO

O obter a eficiência energética significa utilizar processos e equipamentos que sejam mais eficientes, reduzindo o desperdício no consumo de energia elétrica, tanto na produção de bens como na prestação de serviços, sem que isso prejudique a sua qualidade.

É necessário conservar e estimular o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores socioeconômicos do Brasil, sendo de grande importância para o país a adoção efetiva de medidas de economia de energia e o consequente impacto destas ações. Neste cenário destaca-se a indústria, não só pelo elevado potencial de conservação de energia do seu parque como também pela sua capacidade produtiva como fornecedora de produtos e serviços para o setor elétrico.

No âmbito das ações que visam criar programas de capacitação voltados para a obtenção de eficiência energética no setor industrial, inclui-se o *Curso de Formação de Agentes Industriais de Nível Médio em Otimização de Sistemas Motrizes*. Este curso tem como objetivo capacitar agentes industriais, tornando-os capazes de identificar, propor e implementar oportunidades de redução de perdas nas instalações industriais de sistemas motrizes.

O curso faz parte do conjunto de ações que vêm sendo desenvolvidas pelo governo federal para:

- fomentar ações de eficiência energética em sistemas motrizes industriais;
- facilitar a capacitação dos agentes industriais de nível médio dos diversos subsetores da indústria, para desenvolverem atividades de eficiência energética;
- apresentar as oportunidades de ganhos de eficiência energética por meio de economia de energia em sistemas motrizes industriais;
- facilitar a implantação de tecnologias eficientes sob o ponto de vista energético, além da conscientização e da difusão de melhores hábitos para a conservação de energia.

Como apoio pedagógico para este curso, foram elaborados os seguintes guias técnicos:

- 1 – Correias Transportadoras
- 2 – Acoplamento Motor Carga
- 3 – Metodologia de Realização de Diagnóstico Energético
- 4 – Compressores
- 5 – Ventiladores e Exaustores
- 6 – Motor Elétrico
- 7 – Energia Elétrica: Conceito, Qualidade e Tarifação
- 8 – Acionamento Eletrônico
- 9 – Bombas
- 10 – Análise Econômica de Investimento
- 11 – Instrumentação e Controle

Este material didático – Acoplamento Motor Carga – faz parte do conjunto de guias técnicos do *Curso de Formação de Agentes Industriais de Nível Médio em Otimização de Sistemas Motrizes*. Ele é um complemento para o estudo, reforçando o que foi desenvolvido em sala de aula. É também uma fonte de consulta, onde você, participante do curso, pode rever e relembrar os temas abordados no curso.

Todos os capítulos têm a mesma estrutura. Conheça, a seguir, como são desenvolvidos os capítulos deste guia.

- **Iniciando nossa conversa** – texto de apresentação do assunto abordado no capítulo.
- **Objetivos** – informa os objetivos de aprendizagem a serem atingidos a partir do que foi desenvolvido em sala de aula e com o estudo realizado por meio do guia.
- **Um desafio para você** – apresenta um desafio: uma situação a ser resolvida por você.
- **Continuando nossa conversa** – onde o tema do capítulo é desenvolvido, trazendo informações para o seu estudo.

- **Voltando ao desafio** – depois de ler, analisar e refletir sobre os assuntos abordados no capítulo, você retornará ao desafio proposto, buscando a sua solução à luz do que foi estudado.
- **Resumindo** – texto que sintetiza os principais assuntos desenvolvidos no capítulo.

Esperamos que este material didático contribua para torná-lo um cidadão cada vez mais consciente e comprometido em alcançar a eficiência energética, colaborando, assim, para que o País atinja as metas necessárias para o setor e, consequentemente, benefícios para a sociedade brasileira e para o meio ambiente.



Capítulo 1

MÁQUINAS, CONJUNTOS, SUBCONJUNTOS E PEÇAS

Iniciando nossa conversa

A Revolução Industrial, ocorrida há dois séculos, se caracterizou pela utilização de novas formas de energia pelo homem. Essa revolução ocorrida na Inglaterra no século 18, permitiu às indústrias movimentarem suas máquinas mediante o uso do vapor. Isso mudou de forma radical as organizações industriais, uma vez que se iniciou a mecanização das máquinas substituindo a mão-de-obra humana. Após o homem dominar a energia a vapor, uma nova forma de energia começa a ser desenvolvida: a energia elétrica. Em 1878, as primeiras grandes usinas geradoras de energia elétrica começam a ser construídas em Nova Iorque e em Londres. Em 1880, se inicia o ciclo da energia do petróleo através do uso dos motores de combustão interna. Esse domínio da energia impulsionou fortemente o progresso da humanidade. Das antigas máquinas no início da mecanização chegou-se às atuais com comandos numérico, microeletrônica e automações.

Objetivos

Com o estudo deste capítulo, você tem por objetivo compreender:

- o que é uma máquina e como ela é constituída;
- como são ligados os conjuntos, subconjuntos das máquinas;
- o que chamamos de sistemas de ajustes;
- o que é sistema de tolerância na fabricação das peças componentes de máquinas;
- o que queremos alcançar quando fazemos balanceamento em peças de máquinas;
- quais são as causas do desbalanceamento. A montagem das máquinas.

Um desafio para você

Pense na seguinte situação: A máquina em que você trabalha será desmontada porque as peças que ela fabrica estão apresentando defeitos. Você irá trabalhar junto com o pessoal da manutenção para identificar as peças componentes dessa máquina e fazer o preenchimento de uma ficha de máquinas com as características principais. Deverá constar o nome da sua máquina, os componentes que a constituem, os prováveis materiais e as tolerâncias. Vamos começar?

Continuando nossa conversa

Máquinas e dispositivos

Define-se máquinas ao conjunto de peças ou equipamentos ligados entre si, em que, pelo menos, um deles se move com apropriados atuadores, circuitos de comando e potência, reunidos de forma solidária, com vista a uma aplicação definida, tal como a transformação, o tratamento, a movimentação e o acondicionamento de um material. Nas máquinas encontramos aparatos e dispositivos.

Aparato que consiste de unidades inter-relacionadas (elementos de máquinas)

Veja, nas ilustrações a seguir, alguns tipos de máquinas.

Figura 1 – Máquina ferramenta

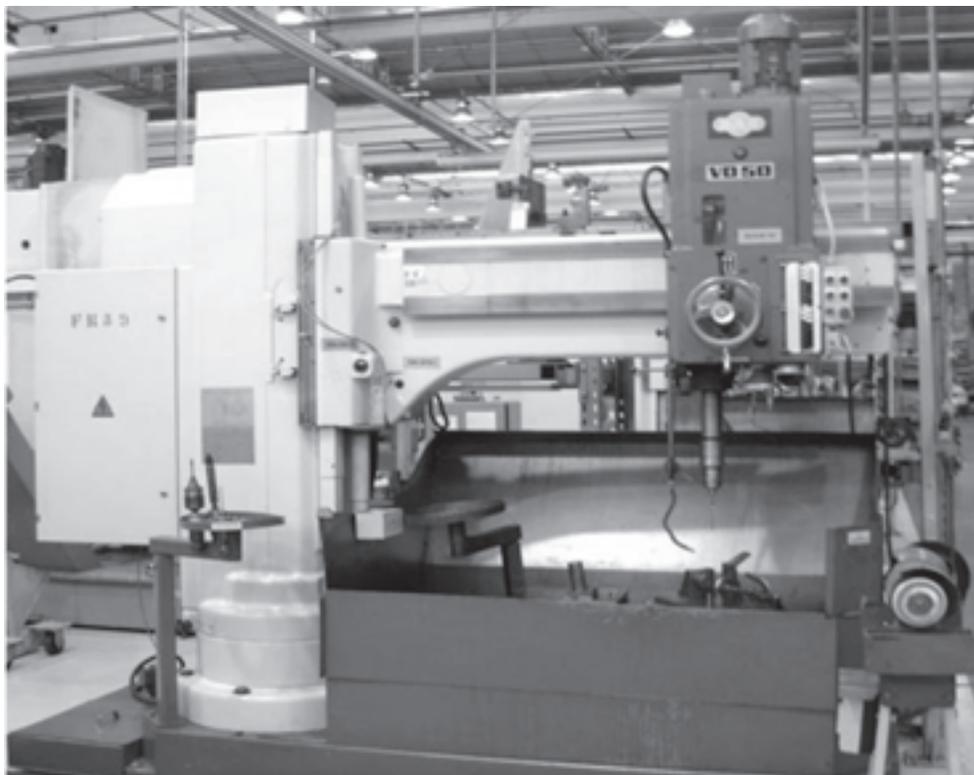


Figura 2 – Prensa viradeira



Figura 3 – Compressor de parafuso

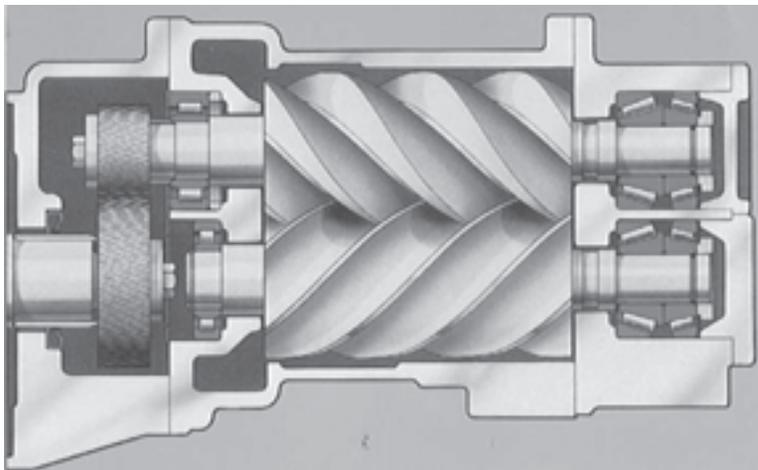
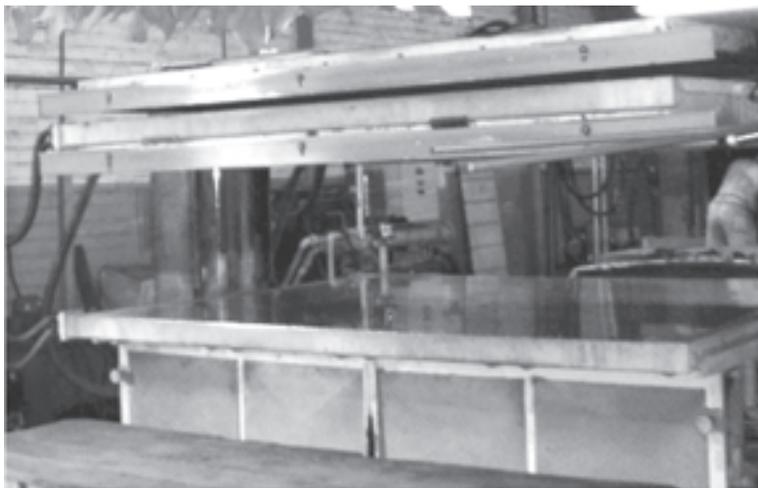


Figura 4 – Vácuo para secagem de couros



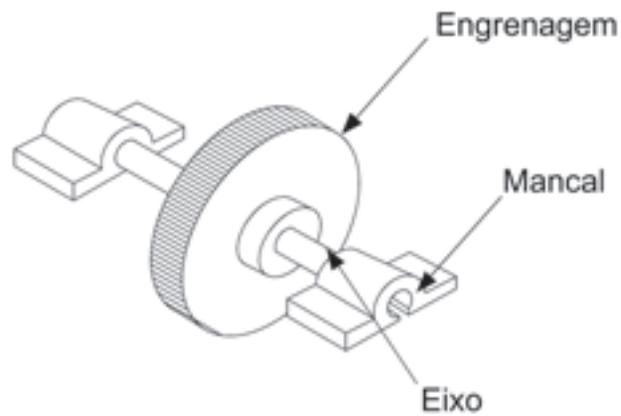
Peças componentes

As máquinas são formadas por conjuntos e subconjuntos de peças inter-relacionadas entre si. Esses componentes mecânicos apresentam várias cotas que são inter-relacionadas entre si, formando as cadeias de dimensões. Cada componente mecânico tem uma função específica dentro do subconjunto, que pode ser:

- estrutural, suporte, base;
- sujeição, fixação;
- transmissão de movimento;

Esses componentes mecânicos apresentam características construtivas (massa, material, dimensões máximas), que serão analisadas para compreendermos como se relacionam.

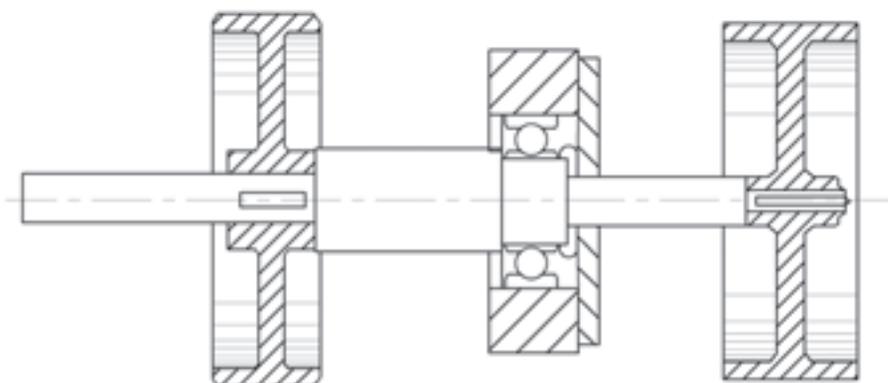
Figura 5 – Mecanismo



Eixos

Eixos são elementos de máquinas que têm função de suporte de outros componentes mecânicos e não transmitem potência. As árvores, além de terem a função de suporte, transmitem potência. Geralmente, usa-se apenas o termo eixo para denominar estes componentes.

Figura 6 - Eixo



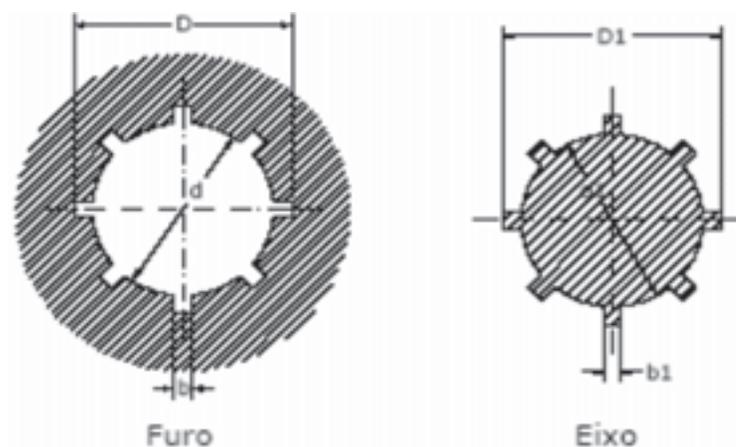
Materiais usados nos eixos

No quadro a seguir apresentamos os materiais usados na fabricação desses componentes e suas respectivas normas reguladoras.

Material	Norma regulamentadora
Aços carbono	
1025 - 1035	ABNT – Associação Brasileira de normas técnicas
1045 - 1060	ABNT
Aço Liga	
4120 – 4130 - 6150	ABNT

Focamos anteriormente que eixos não transmitem potência, mas sim as árvores. A linguagem usada na indústria é o eixo. Quando os eixos transmitem grande potência, fazemos uso de perfis estriados como na figura 7.

Figura 7 – Eixos estriados



Sistemas de ajustes/tolerâncias

Nas linhas de montagem, os montadores recebem peças que foram fabricadas nas mais diversas máquinas. Essas peças são montadas nos subconjuntos sem que seja necessário retocá-las ou ajustá-las uma por uma. Quando se fabrica peças em série, é necessário que as que forem escolhidas ao acaso sejam possíveis de serem montadas. Ao se fabricar componentes mecânicos, é fundamental que os eixos se encaixem na montagem, sem que sejam necessários ajustes suplementares.

Verificamos que, quando fabricamos as peças, as dimensões variam. Para resolver estas variações dimensionais, introduziu-se o conceito de *tolerância*. Na fabricação em série, é necessário que as peças acopladas sejam passíveis de apresentar a intercambiabilidade.



Fique ligado!

Intercambiabilidade é a possibilidade de, quando se monta um conjunto mecânico, selecionar ao acaso, em um lote de peças semelhantes, prontas e verificadas, uma peça qualquer que, ao ser montada no conjunto sem nenhum ajuste ou usinagem posterior, dará condições para que o sistema mecânico cumpra as funções para as quais foi projetado.

Sistema de tolerâncias e ajustes

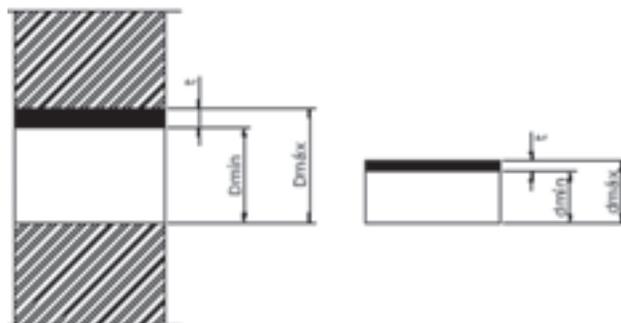
É um conjunto de normas, regras e tabelas que tem como objetivo normalizar e limitar as variações das dimensões de componentes mecânicos visando à intercambiabilidade e garantir sua funcionalidade.

Tolerâncias	
Dimensões limites	são os valores máximo e mínimo admissíveis para a dimensão efetiva.
Dimensão máxima	é o valor máximo admissível para a dimensão efetiva Símbolo: $D_{máx}$ para furos e $d_{máx}$ para eixos.
Dimensão Mínima	é o valor mínimo admissível para a dimensão efetiva.
Tolerância	é a variação admissível da dimensão da peça.
Tolerância para furos	$t = D_{máx} - D_{min}$
Tolerância para eixos:	$t = d_{máx} - d_{min}$

Sistema eixo-base: é um sistema de ajuste em que as dimensões máximas dos eixos são iguais à dimensão nominal. A linha zero constitui o limite superior da tolerância. Os furos são maiores ou menores, conforme o tipo de ajuste desejado.

Sistema furo-base: é um sistema de ajuste em que a dimensão mínima dos furos é igual à dimensão nominal. A linha zero constitui o limite inferior da tolerância.

Figura 8 – Sistema de ajuste furo básico/eixo básico



O sistema de ajustes prevê três classes de ajustes:

- ajustes com folga (ou móveis ou deslizantes);
- ajustes com interferência (ou prensados);
- ajustes indeterminados (ou incertos).

Figura 9 – Ajuste com folga

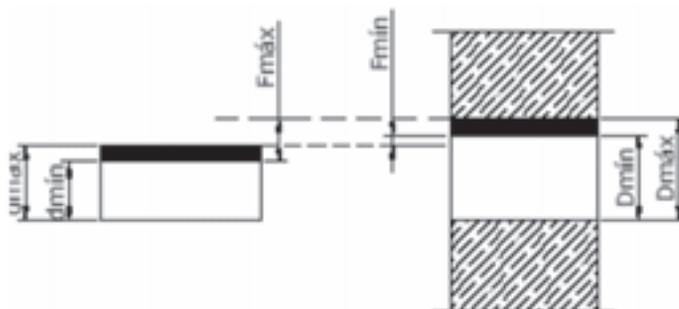


Figura 10 – Ajuste com interferência

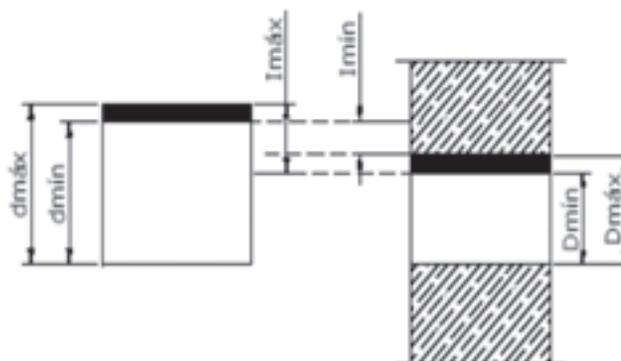
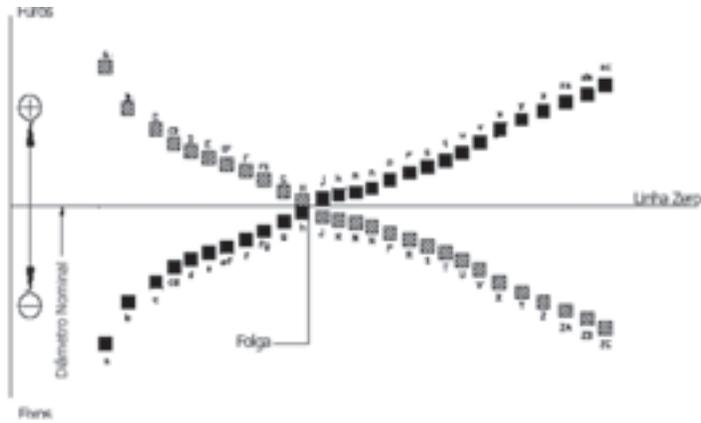


Figura 11 – Posição do campo de tolerância



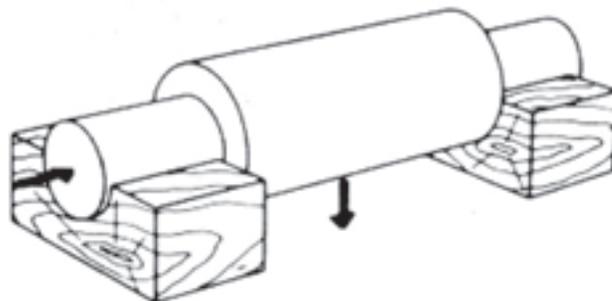
Fique ligado!

Quanto menor for o intervalo de variação, isto é, quanto mais preciso for o sistema de ajuste, mais caro se torna o processo de fabricação das peças. O nível de refugos ao final do processo pode aumentar muito, sendo motivo de retrabalho.

Mancais

São elementos de máquinas que têm como função assegurar o eixo, sua flutuação numa camada de lubrificante (quando for de deslizamento), temperatura adequada e proteção contra partículas abrasivas que possam danificá-lo.

Figura 12 – Mancal



Os mancais se dividem em dois tipos: os mancais de deslizamento também chamados de buchas e os mancais de rolamentos, comumente chamados de rolamentos.

Vamos estudar primeiro os mancais de deslizamento.

Mancais de deslizamento

São elementos de máquinas que têm a função de suportar os esforços dinâmicos do eixo, seu alinhamento e ainda a flutuação do mesmo numa camada lubrificante.

De acordo com o movimento podemos classificá-los em:

Deslizamento (movimento):

- radial;
- axial.

Figura 13 – Mancal radial

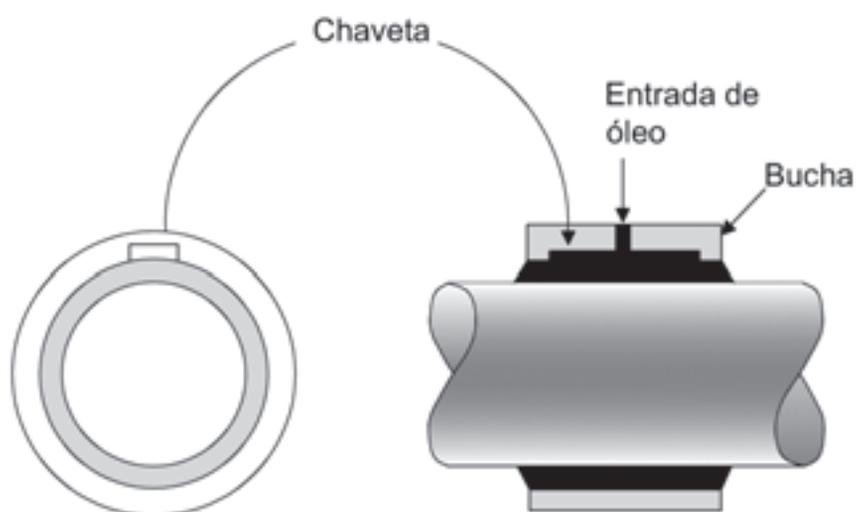


Figura 14 – Mancal axial



Os mancais podem ser feitos de diversos materiais. Apresentamos, na Tabela 1, os materiais e suas respectivas durezas.

Tabela 1 – Materiais para mancais

Material da bucha	Dureza (kg/mm ²)	Dureza mínima do eixo (kg/mm ²)
Babbitt de chumbo	15-20	150
Babbitt de estanho	20-30	150
Ligas de bronze	40-80	300
Bronze-estanho	60-80	300-400
Liga de alumínio	45-50	300

Mancais de rolamentos

Teoricamente os mancais de rolamento apresentam um coeficiente de atrito menor do que os mancais de deslizamento.

Vantagem	Desvantagem
A vantagem mais importante do rolamento é que o atrito na partida não é superior ao de operação contrastando com o mancal de deslizamento.	Apresenta como desvantagem serem mais ruidosos do que os mancais de deslizamento e terem um custo mais alto. Além disso, em alguns casos, apresentam uma vida útil menor.

Os rolamentos são montados em suportes específicos que os fixam e os protegem contra materiais abrasivos.

Os rolamentos são classificados em rolamentos de esferas ou rolamentos de rolos, dependendo do tipo de corpo rolante empregado para transmitir a carga. As esferas transmitem a carga através de uma pequena área (contato puntiforme), por isso comparada com os rolos (contato linear) transmitem cargas menores, rotações menores. Apresentam menor desenvolvimento de calor do que os de rolos e menor atrito.

Figura 15 – Rolamento de esfera

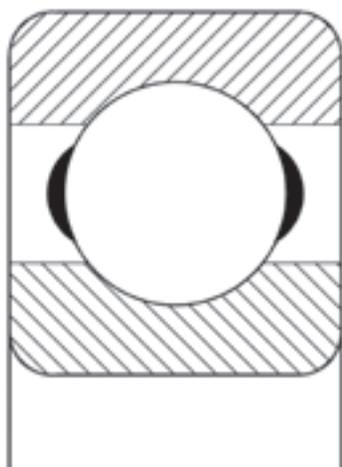
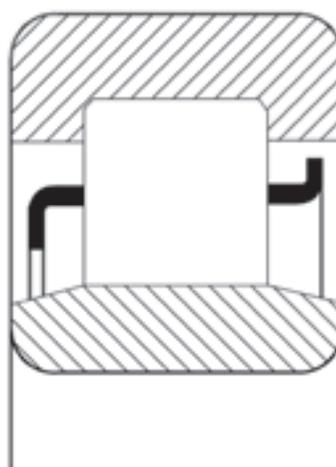


Figura 16 – Rolamento de rolos



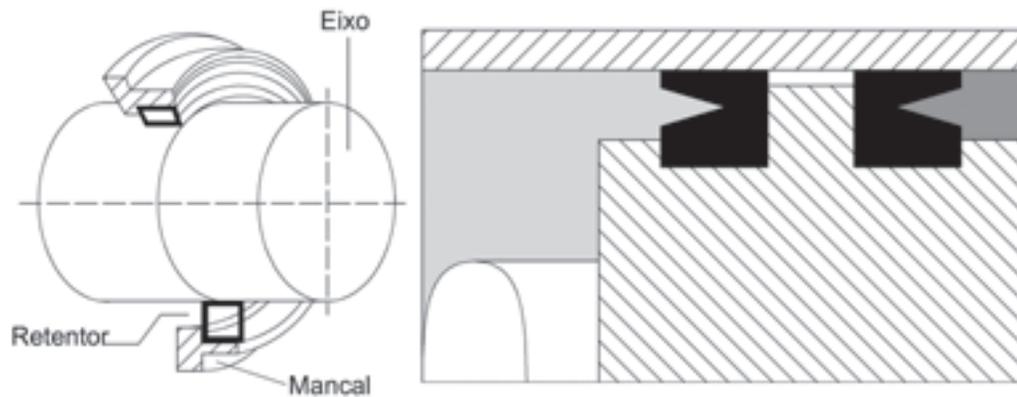
Retentores

Evitam o vazamento de graxa lubrificante entre superfícies que possuem movimento. Entre as vedações para uso dinâmico, as mais simples são as guarnições de limpeza ou separadoras que servem para mantê-la livre da poeira e outros materiais abrasivos, evitando rápido desgaste do componente, eixos e rolamentos.

Os tipos de guarnições dinâmicas destacadas são: *U cup*, *L cup*, *O Ring*.

Veja a seguir um exemplo de retentor.

Figura 17 – Retentor



Balaceamento

Em máquinas com peças móveis é comum que, após um determinado tempo de trabalho, apresentem desgaste, desalinhamento, o que poderá causar vibrações. Para corrigir essas vibrações, normalmente é feito o *balaceamento*.

A maior causa da vibração em máquinas é o desbalanceamento.



Fique ligado!

O desbalanceamento é uma distribuição não uniforme da massa. Esta distribuição não uniforme provoca vibrações com forças proporcionais ao grau de desbalanceamento e a rigidez do sistema. As forças causadas pelo desbalanceamento atuam diretamente nos rolamentos e mancais, causando redução da vida útil destes componentes das máquinas.

As causas mais comuns do desbalanceamento são apresentadas a seguir.

Porosidade

A fundição é o processo em que se trabalha o metal e a liga metálica ferrosa e não-ferrosa em estado líquido, por meio de solidificação dentro de moldes e tendo como resultado a transformação em diversos tipos de peças, tais como: polias, discos de fricção, engrenagens, etc.

As peças fundidas devem apresentar determinadas características para poderem trabalhar com confiabilidade. Quando a peça não atende às especificações, diz-se que apresenta *defeitos*.

Dentre os defeitos podemos destacar a porosidade, ou seja, existência de vazios dentro da peça. Eles se originam quando os gases que existem no metal líquido não são eliminados durante o processo de vazamento e solidificação.

Desgaste abrasivo

O desgaste abrasivo pode ser definido como o deslocamento de material causado por partículas de elevada dureza, que são forçadas contra e ao longo de uma superfície sólida.

O desgaste abrasivo remove material causando diferença de peso nas peças podendo advir disso o desbalanceamento.

Corrosão

Na corrosão podemos dizer que ocorre o mesmo efeito do desgaste abrasivo, isto é, a perda de material, o que provoca o desbalanceamento.

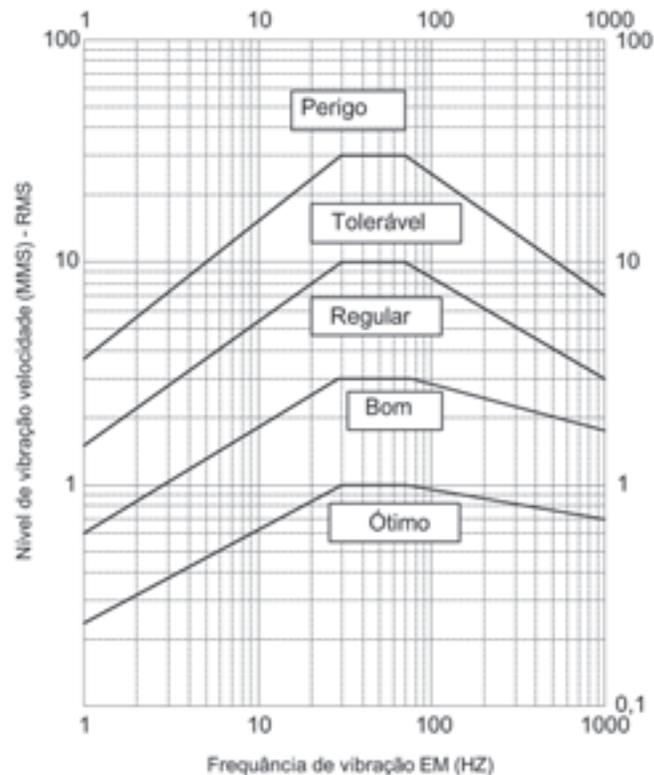
Depósitos

Esse fenômeno é comum em pás de ventiladores que trabalham com transporte de materiais pegajosos, ou ainda em torres de resfriamento de água onde partículas aderem às pás provocando diferença de massa, o que causa desbalanceamento.

Analise o Gráfico 1 que nos mostra as condições de trabalho de um ventilador. Ele nos mostra as condições seguras e perigosas de trabalho do ventilador.

Veja o gráfico que avalia a severidade de vibração em um ventilador com o desbalanceamento.

Gráfico 1 – Avaliação da severidade de vibrações em ventiladores com desbalanceamento



Distorções

Nos processos de fabricação em que são utilizados processos de soldagem podem ocorrer distorções. A soldagem é caracterizada por um ciclo de aquecimento e resfriamento localizado, ocorrendo expansões e contrações na região do cordão de solda, que não acontecem em outras áreas do metal-base.

Estas expansões e contrações localizadas causam as tensões e deformações residuais que podem dar origem a peças com desbalanceamento.

Tolerância com mudanças de linha de centro (peças excêntricas)

O desbalanceamento de eixos e peças mecânicas causado pela excentricidade influi no nível de vibração da máquina, o que por sua vez influi na vida útil dos componentes como, por exemplo mancais de rolamentos.

O balanceamento dinâmico pode ser realizado de duas maneiras distintas: Balanceamento em máquina de balancear. Na primeira condição a máquina que contém o componente a ser balanceado é desmontada. O componente a ser balanceado é levado até a oficina onde está instalada a máquina de balancear. Balanceamento em campo. Na segunda condição, a máquina não precisa ser desmontada, as polias são balanceadas no próprio local na esteira.

Os fatores de influência no desbalanceamento são:

- A massa desbalanceadora é a quantidade de massa “peso” com distribuição não uniforme. Quanto maior a massa desbalanceadora maior será a amplitude de vibração, diferença de massas na usinagem, na soldagem nos anéis de reforço.
- O raio de ação desta massa desbalanceadora. Quanto maior este raio maiores serão as amplitudes para uma mesma massa desbalanceadora.
- Rotação da polia. Quanto maior a rotação maior será a amplitude de vibração para uma mesma condição de desbalanceamento, ou seja, aumentando a rotação aumenta a amplitude de vibração referente ao desbalanceamento.



Atenção!

Nas máquinas ocorrem muitos acidentes com os operadores, mecânicos de manutenção. Precisamos conhecê-los e nos proteger para que não venhamos a sofrer acidentes por descuido ou condição insegura.

Apresentamos a seguir algumas definições muito importantes para a área de segurança.

Acidente

Evento não programado que interfere na atividade produtiva.

Segurança do trabalho

Planejamento, organização e controle do trabalho de forma a reduzir as probabilidades de acidentes.

Responsabilidade civil

Veja a seguir o que diz sobre o tema *responsabilidade civil* o Código Civil e o Supremo Tribunal Federal.

• Código Civil

“Aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar o direito, ou causar prejuízo a outrem, fica obrigado a reparar o dano” (Artigo 159).

“O empregador é responsável civilmente pelos atos de seus empregados, serviçais e prepostos” (Artigo 1525).

• Supremo Tribunal Federal

“A indenização acidentária não exclui a do direito comum, em caso de dolo ou culpa grave da empresa” (Súmula 229 do STF).

Exemplos

- Atos de negligência, imperícia ou imprudência das chefias ou empregados.
- Ausência de ordens de serviço ou instruções de saúde e segurança no trabalho.

Situação perigosa

Os processos de trabalho podem apresentar situações perigosas, portanto, é importante, ressaltarmos alguns aspectos dessa questão.

Segurança de uma máquina: aptidão de uma máquina, sem causar lesão ou dano à saúde, de desempenhar a sua função, ser transportada, instalada, ajustada, sujeita à manutenção, desmontada, desativada ou sucateada, em condições normais de utilização.

Situação perigosa: situação em que uma pessoa fica exposta a um ou a mais perigos.

Função perigosa de uma máquina: toda a função de uma máquina que provoque um perigo, quando em operação.

Proteção

É a parte da máquina especificamente utilizada para prover proteção por meio de uma barreira física. Dependendo da sua construção, uma proteção pode ser chamada de carenagem, cobertura, janela, porta.

Apresentamos a seguir alguns artigos da CLT (Consolidação das Leis do Trabalho) que tratam da segurança na indústria.

Segurança Industrial

CLT – Seção XI – das máquinas e equipamentos

Art.184 As máquinas e os equipamentos deverão ser dotados de dispositivos de partida e parada e outros que se fizerem necessários para a prevenção de acidentes do trabalho, especialmente quanto ao risco de acionamento acidental.

Parágrafo único. É proibida a fabricação, a importação, a venda, a locação e o uso de máquinas e equipamentos que não atendam ao disposto neste artigo.

Art.185 Os reparos, limpeza e ajustes somente poderão ser executados com as máquinas paradas, salvo se o movimento for indispensável à realização do ajuste.

Art.186 O Ministério do Trabalho estabelecerá normas adicionais sobre proteção e medidas de segurança na operação de máquinas e equipamentos, especialmente quanto à proteção das partes móveis, distância entre estas, vias de acesso às

máquinas e equipamentos de grandes dimensões, emprego de ferramentas, sua adequação e medidas de proteção exigidas, quando motorizadas ou elétricas.

Voltando ao desafio

Você verificou que na máquina aparece uma placa de identificação. Nessa placa consta o nome do fabricante, o endereço, o modelo da máquina e o número de série. Muitos fabricantes compram componentes como redutores, correias, acoplamentos, dispositivos hidráulicos ou pneumáticos que farão parte da máquina. Essas são algumas das informações que devem fazer parte da ficha de máquinas. Outras informações para o preenchimento da ficha de máquinas podem ser retiradas, por exemplo, dos tipos de mancais: rolamento ou bucha. As tolerâncias servem para orientar o fabricante, pois as peças nunca saem do mesmo tamanho. Mas ainda faltam algumas informações que serão vistas nos próximos capítulos.

Resumindo

Vimos ao longo deste capítulo a definição de uma máquina, como ela é constituída e como suas peças se inter-relacionam. Verificamos também como o fabricante usa as tolerâncias, o que é um conjunto e um subconjunto.

Aprenda mais

Nas referências bibliográficas estão relacionados diversos livros que falam sobre máquinas. Se você quiser aprofundar seus conhecimentos sobre o assunto, consulte-os.



Capítulo 2

SISTEMA DE ACIONAMENTO / MOTORES ELÉTRICOS

Iniciando nossa conversa

O motor elétrico transforma a energia elétrica em energia mecânica. Essa energia movimenta máquinas nas indústrias e representa em torno de 50% da carga elétrica instalada em uma indústria. A seleção correta do motor é fator decisivo para reduzir os custos com energia elétrica na empresa e, em decorrência, de sua produção. A seleção do motor depende da carga que será acionada, características operacionais, montagem e escolha da forma de partida. Esses aspectos determinaram o acerto ou não da decisão feita.

Objetivos

Após o estudo deste capítulo, você terá os subsídios necessários para:

- reconhecer as características de um acionamento feito com um motor elétrico.
- identificar os parâmetros elétricos mais importantes, relacionando-os com a forma de aplicação das cargas.
- reconhecer os principais tipos de partidas de motores.
- reconhecer as características dos motores de alto rendimento.
- conhecer as normas de segurança no trabalho com eletricidade.

Um desafio para você

Imagine a seguinte situação: você faz parte de um grupo de eficiência dos equipamentos e lhe solicitam que faça uma listagem da potência instalada em motores elétricos na sua empresa. É pedido que você relacione em uma tabela o número de motores com a mesma potência, se o motor é monofásico ou trifásico e que dispositivo de partida ele apresenta. Solicitam, ainda, a marca e a rotação do motor. Vamos começar?

Tabela de motores elétricos								
Item	Equipamento	Setor	Motor	CV	RPM	A/nominal	A/medida	H/sem.

Continuando nossa conversa

Conjunto de acionamento

A potência a ser transmitida, o tipo de serviço e o arranjo mecânico é que irão definir o conjunto de acionamento. Na maioria dos casos a solução mais econômica consiste em combinar um motor elétrico com acionamento por polias e correias em v ou ainda um redutor dependendo das características de potência, velocidade única ou múltipla e condições econômicas.

Para selecionar o motor elétrico, é necessário conhecer as características de aplicação das cargas que serão acionadas.

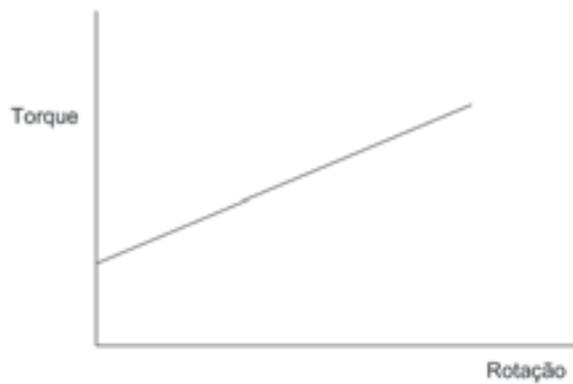
O Gráfico 2 representa o acionamento de uma carga que apresenta um torque (conjugado) constante. Como exemplos desse tipo de acionamento, podemos elencar: as pontes rolantes, os guinchos e os monta carga.

Gráfico 2 – Torque constante



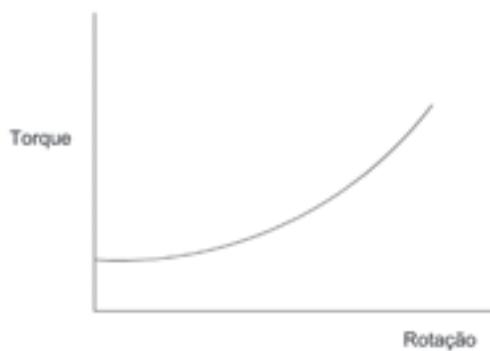
O Gráfico 3 representa o acionamento de cargas de variação linear, para diferentes rotações, diferentes torques. Como exemplos desse tipo de acionamento, podemos citar: as bombas de pistão e as serras.

Gráfico 3 – Torques diferentes



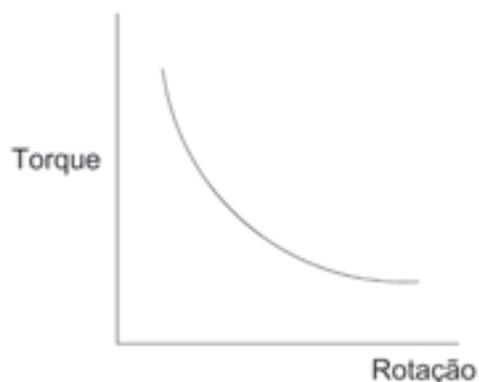
O Gráfico 4 representa o acionamento de cargas de variação quadrática. Apresentamos como exemplo desse tipo de acionamento: as bombas centrífugas, compressores, exaustores e ventiladores.

Gráfico 4 – Cargas de variação quadrática



O Gráfico 5 representa o acionamento de cargas de variação inversa. Para exemplificar esse tipo de acionamento, podemos citar: as máquinas operatrizes, tornos e frezadoras.

Gráfico 5 – Cargas de variação inversa



Motores elétricos

Os motores elétricos são os mais utilizados dentre os tipos de motores, pois possuem a vantagem da utilização da energia elétrica (facilidade de transporte, limpeza, simplicidade de comando, custo relativo) com uma engenharia básica de montagem simples e grau de adaptabilidade a várias cargas.

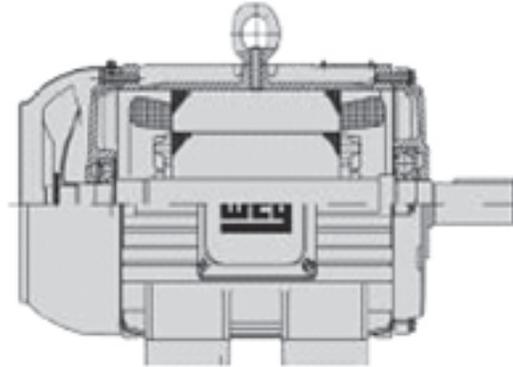
O motor elétrico transforma a energia elétrica fornecida pela rede em energia mecânica girando o rotor. Na extremidade do rotor está presa uma polia, um acoplamento, ou uma engrenagem que fará o sistema se mover.



Fique ligado!

Ao longo do tempo foram desenvolvidos vários tipos de motores elétricos para atender às exigências do mercado, mas o tipo mais utilizado devido à maior simplicidade de construção e menor custo é o *motor trifásico de indução com rotor gaiola de esquilo*.

Figura 18 – Motor elétrico

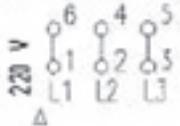
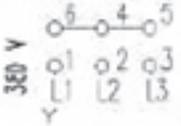


Fonte: Weg

Os motores elétricos têm seu funcionamento influenciado por aspectos construtivos, condições de carga, redes de alimentação, etc. Dando continuidade ao nosso estudo, vamos abordar os aspectos a serem considerados na utilização destas máquinas.

Placa de Identificação: A NBR 7094 determina os dados principais que devem constar na identificação do motor. A placa de identificação contém símbolos e valores que determinam as características nominais da rede de alimentação e desenvolvimento do motor.

Figura 19 – Placa de identificação

			
NBR.7094			
~ 3 100L			
MOTOR INDICADO - GWOLLI		Hz 60	CAT N
kW(cv)		3.7(5.0) rpm 3500	
rs 1.15	isol. B	Δ	IP55
220/380 V		13.8/7.94 A	
PIS S 1		VUL AMB	ALT 00
 220 V		 380 V	
 6205-22 A BASE DE LITIO 6205-22		31.0 kg	
 PNEEE REND.%= 83.2% cos φ 0.85			

Vamos analisar alguns desses itens e entender a terminologia elétrica para poder relacionar os motores para acionamento das máquinas.

Tipo de motor

Os motores de corrente alternada oferecem grande variedade de características elétricas. Podemos classificá-las em:

- motores assíncronos com motor em gaiola;
- motores assíncronos com rotor bobinado;
- motores síncronos.

Modelo do motor

O modelo do motor, indicado por um número, é a referência do fabricante para o registro das características nominais e detalhes construtivos.

Potência nominal

É a potência que o motor pode oferecer dentro de suas características nominais continuamente. Deve ser dado em HP ou KW.

É a potência mecânica disponível no eixo do motor quando este opera dentro de suas características nominais.

Tensão nominal

É a tensão da rede para a qual o motor foi projetado. As tensões nominais usuais são 220, 380 e 440V.

Número de fases

Os motores podem ser monofásicos e trifásicos. Os motores de pequena potência são monofásicos. Os motores de maior potência são trifásicos.



Fique ligado!

Os motores mais utilizados nas indústrias são os motores trifásicos, isto é, contêm três condutores fase e um condutor neutro.

Corrente nominal

É a corrente que o motor absorve da rede elétrica quando em funcionamento com tensão, frequência e potência nominais.

A corrente elétrica é um parâmetro importante para podermos dimensionar os condutores elétricos e os dispositivos de manobra e seccionamento do motor.

Frequência nominal

É a frequência do sistema para o qual o motor foi projetado. Existem duas frequências normalmente utilizadas 50 Hz ou 60 Hz. No Brasil, a frequência nominal utilizada é de 60Hz.

Velocidade nominal

É medida em rotações por minuto (rpm). A velocidade nominal é a velocidade do motor quando ele fornece a potência nominal, sob tensão e frequência nominais.

Regime

É o grau de regularidade da carga a que o motor é submetido. Os motores normais são projetados para regime contínuo, isto é, funcionamento com carga constante por tempo indefinido e com potência igual à potência nominal do motor.

Grau de proteção

Define o tipo de proteção do motor contra a entrada de água ou de objetos estranhos.

Agora que já analisamos alguns itens da placa identificadora, vamos prosseguir nosso estudo sobre os motores.

Partida do motor de indução

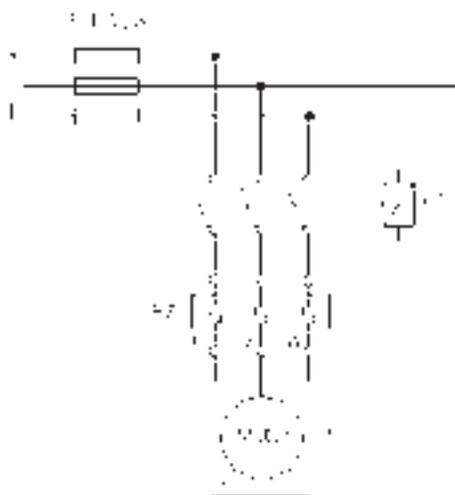
Embora haja algumas exceções, de uma maneira geral, um motor de indução requer aproximadamente seis vezes a sua corrente nominal para partida a tensão nominal. Na maioria das utilizações, residenciais ou industriais, pequenos motores de indução do tipo gaiola, de baixa potência, podem partir com ligação direta à rede, sem que se verifiquem quedas na tensão de suprimento e sem que se verifique no motor um grande aumento do período de aceleração, desde o repouso, até sua velocidade nominal.



Fique ligado!

Sempre que possível, a partida de um motor trifásico de gaiola deverá ser direta.

Figura 20 – Esquema elétrico/partida direta



Nos casos em que a corrente de partida do motor é elevada podem ocorrer as seguintes conseqüências prejudiciais: elevada queda de tensão no sistema da alimentação da rede. Em função disto, ela provoca a interferência em equipamentos instalados no sistema. Os sistemas de proteção (cabos, contadores) deverão ser superdimensionados, ocasionando um custo elevado.

Quando da partida do motor, poderá haver queda da tensão da rede. Nesse caso empregam-se as partidas compensadas que podem ser:

- chaves estrela triângulo;
- chaves compensadoras;
- partidas eletrônicas (inversores de freqüência, *soft-starter*).

Chave estrela triângulo

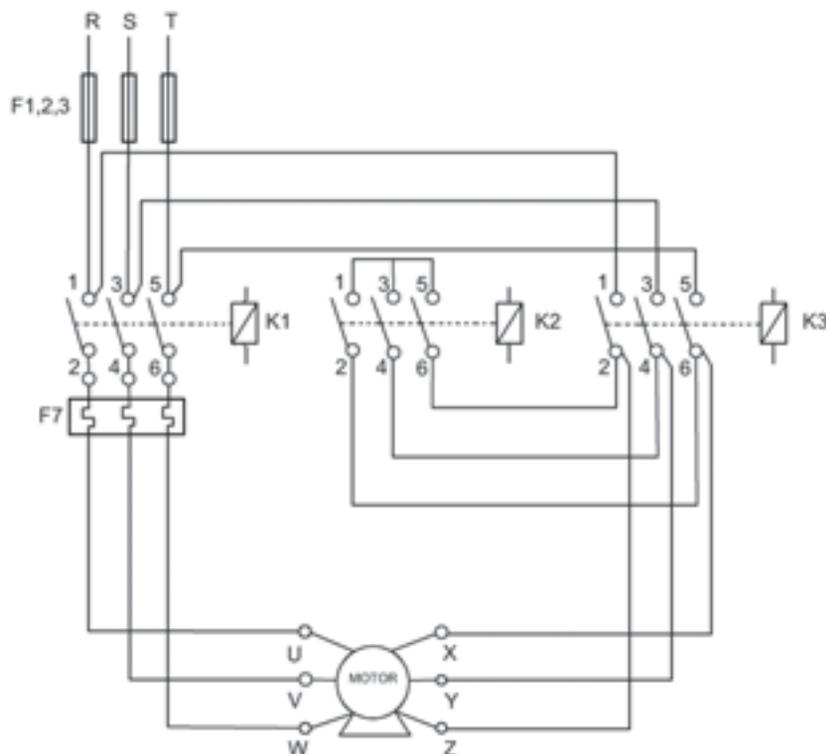
Nesse tipo de chave o motor parte com tensão reduzida, ligando o motor na configuração estrela, alimentando com a tensão de ligação triângulo. Após decorrido um tempo (normalmente 10 a 15 segundos), o motor atinge aproximadamente 90% da rotação nominal, comuta-se para a configuração triângulo.

É apropriada para motores que partem em vazio, isto é, sem carga ou com baixas cargas, pois o torque de partida é reduzido em aproximadamente 35% do seu valor com partidas diretas.

É fundamental para a partida com a chave estrela triângulo que o motor tenha a possibilidade de ligação em dupla tensão, ou seja, em 220/380V, em 380/660V ou 440/760V. Os motores deverão ter, no mínimo, 6 bornes de ligação.

Observe o esquema a seguir.

Figura 21 – Esquema elétrico/partida estrela triângulo



Chave compensadora

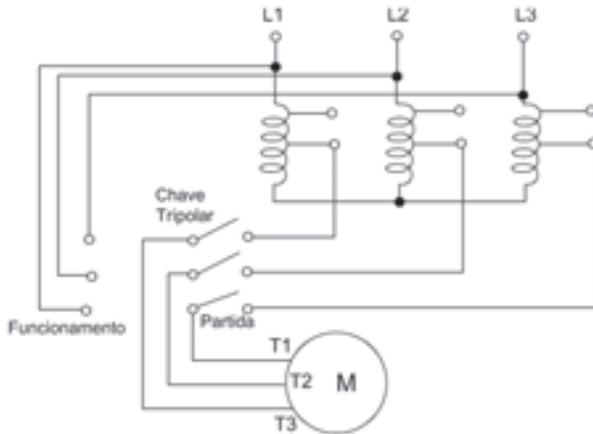
Este modo de partida se aplica igualmente aos motores de forte potência, com grande inércia e que partem com carga. A partida se efetua geralmente em dois tempos.

1º tempo: alimentação do motor sob tensão reduzida, por intermédio de um autotransformador. O pico de corrente e o conjugado na partida são reduzidos, ambos proporcionalmente ao quadrado da relação de transformação. As chaves compensadoras (partida por autotransformadores) são previstas para um pico de corrente e um conjugado na partida, representando 0,42 ou 0,64 dos valores em partida direta, conforme o *tap* de ligação do autotransformador 65% ou 80%, respectivamente. O conjugado permite ao motor atingir, assim, um regime elevado.

2º tempo: abertura do ponto neutro do autotransformador e conexão do motor sob plena tensão o qual retoma suas características naturais.

Analise a Figura 22.

Figura 22 – Partida compensadora



Continuemos nosso estudo sobre os tipos de partida dos motores.

Partida eletrônica com *Soft-starter*

Em motores que são acionados de forma direta na partida ou pelo método estrela-triângulo são geradas correntes potencialmente perigosas e picos de torque. Picos de corrente, desgastes mecânicos, sobre solicação da rede são evitados de maneira confiável e otimizada, limitando a corrente e o torque na partida. Esses inconvenientes podem ser resolvidos, através do uso das chaves de partida e parada suave (*soft-starters*). São apropriadas para partidas e paradas controladas de motores trifásicos assíncronos e cargas.

A *soft-stater* controla a tensão sobre o motor por meio do circuito de potência. A tensão inicial nos terminais do motor é reduzida pelo controle do ângulo de fase e aumentada gradativamente em rampa, a partir do valor ajustado até a tensão nominal de linha dentro do intervalo de tempo selecionado. Observe a ilustração a seguir.

Figura 23 – Partida com *soft-starter*



Fonte: Weg

Partida eletrônica com inversores de frequência

O inversor de frequência é um equipamento de baixo custo para o controle da velocidade do motor de indução trifásico, o que gera uma economia de energia sem prejudicar a qualidade final do sistema.

O inversor possibilita que o motor seja acionado suavemente, sem trancos, reduzindo-se a quebra de elementos de transmissão como correntes e rodas dentadas.

Ele é ligado na rede, podendo ser monofásica ou trifásica, e em sua saída há uma carga que necessita de uma frequência diferente da rede. Para tanto, o inversor tem como primeiro estágio um circuito retificador, responsável por transformar a tensão alternada em contínua. Após isso, há um segundo estágio capaz de realizar o inverso, ou seja, de CC (corrente contínua) para CA (corrente alternada), e com a frequência desejada pela carga.

Figura 24 – Inversor de frequência



Fonte: Weg



Fique ligado!

A grande vantagem de utilização de inversores é que além de gerar economia de energia também reduz o custo de instalação do sistema.

Motores de alto rendimento

Na compra de motores elétricos, o critério levado em consideração é quase sempre o do preço inicial do motor. Quando queima um motor, na maioria das vezes, não é estudada a hipótese da sua substituição. Quase sempre se rebobina o motor.

Nas fábricas existem motores bastante antigos ainda trabalhando nos acionamentos. Os motores antigos geralmente são superdimensionados, apresentam baixo rendimento e baixo fator de potência. É mais desfavorável a condição quando o motor é rebobinado várias vezes.

Os motores utilizados nos acionamentos em geral apresentam potências entre 15 a 25 cv e trabalham durante várias horas por dia. Motores de alto rendimento, quando comparados com motores *standard*, apresentam rendimentos maiores, maior fator de potência e vida útil maior, pois trata-se de um motor em que é menor a temperatura de funcionamento.



Fique ligado!

No Brasil, a norma NBR 7094 da ABNT especifica os níveis de rendimentos mínimos para um motor ser considerado de alto rendimento.

Comparados com os motores *standard*, os motores de alto rendimento apresentam algumas alterações técnicas, tais como:

- maior volume de chapa magnética, com baixas perdas;
- rotor tratado termicamente;
- entreferro menor, com conseqüente redução de corrente em vazio;
- maior quantidade de cobre, com redução de perdas por efeito Joule;
- anel de curto e barras do rotor superdimensionadas, ocasionando redução de perdas por efeito Joule.



Fique ligado!

A utilização de motores de alto rendimento pode trazer diminuição no consumo de energia elétrica e se transformar em economia de energia com redução de custos.

A seguir, apresentamos um motor de alto rendimento.

Figura 25 – Motores de alto rendimento



A norma NBR 5410/97 – *Instalações Elétricas de Baixa Tensão* fornece as medidas necessárias para que a ênfase com relação à segurança e proteção tenha sempre como objetivo principal evitar a ocorrência de sobrecarga, curtos-circuitos, choques elétricos, causas de muitos acidentes e de outros problemas sérios que poderão ser prejudicados se houver descuido no uso de eletricidade.



Atenção!

A preocupação com a qualidade das instalações elétricas é fundamental para que ocorra segurança das pessoas e integridade do patrimônio da empresa.

Acionamento de motores de alto rendimento

Em todos os acionamentos, busca-se a melhor relação entre potência e eficiência energética. Queremos motores que tenham potência para acionar a carga e eficiência no acionamento para obter a melhor condição econômica.

Para a correta seleção do acionamento, deve-se levar em consideração critérios técnicos e econômicos. Dentre os critérios técnicos podemos relacionar:

- potência necessária para acionar a carga;
- velocidade requerida (múltipla, constante);
- regulagens requeridas pelo acionamento;
- condições de serviço;
- condições de manutenção.

Como se seleciona o acionamento?

Critérios técnicos

Em primeiro lugar, para a seleção do acionamento é preciso conhecer a maior parte dos dados sobre a carga que se quer acionar, tais como: massa, forças envolvidas no acionamento, geometria, diâmetros das rodas, condições de frenagem, reversões com e sem carga. Também é preciso ter informações sobre: tipo de movimento, horizontal, vertical, rotativo; número de partidas por hora requeridas pelo acionamento, velocidades com variação constante; condições de serviço, horas de trabalho diário, coeficientes de segurança envolvidos, condições ambientais, alturas, dissipação térmica, etc.

A partir desses dados levantados, por meio de equações, fórmulas matemáticas, é possível calcular as rotações e potências necessárias, levando em consideração rendimentos compatíveis com o melhor resultado técnico para o acionamento.

Tendo definido as potências requeridas, deve-se considerar as especificações técnicas para selecionar motores elétricos, redutores, variadores de velocidade, tipos de chaveamento, etc. A seguir, buscam-se no mercado equipamentos comerciais que possam ser adquiridos, levando em consideração, materiais, processos de fabricação, qualidade, custos, prazo de entrega, assistência técnica, peças de reposição e durabilidade. Como você pode perceber, são muitos os aspectos que devem ser considerados.

Dentre as boas práticas, no que diz respeito a motores elétricos, destacamos as seguintes:

- dimensionar corretamente a potência dos motores;
- equilibrar as correntes elétricas nas três fases;
- adotar sistemas de partidas compensadas para motores acima de 7,5 cv;
- instalar motores adequados ao regime de trabalho;
- adequar o motor ao ambiente de trabalho;
- evitar motores trabalhando em vazio;
- ajustar os condutores à tensão e à corrente;
- reexaminar o regime de trabalho (tempo de funcionamento);
- instalar sistema de proteção adequado;
- ajustar os sistemas de acionamento de cargas aos motores.

Critérios econômicos

Medidas de economia no uso de energia elétrica que são utilizadas visam mais a racionalização do uso do que a restrição ao seu consumo.

Dentre as medidas mais popularizadas nos últimos anos, estão o uso de motores elétricos de alto rendimento e sistemas de chaveamentos eletrônicos como *soft starter* e inversores de frequência. A economia se consegue mediante a redução das perdas do motor.



Fique ligado!

Existem no mercado motores de alto rendimento que, embora custando de 20 a 30% a mais do que motores comuns, garantem maiores rendimentos quando comparados aos motores *standard*.

Com os custos das tarifas contratadas junto às concessionárias aumentando, a utilização de motores de alto rendimento se torna interessante, pois a diferença de custo de operação devida ao menor consumo com a redução das perdas permitiria um retorno do investimento inicial em um curto prazo de tempo. É interessante levar em consideração os custos de aquisição dos dois tipos de motores, *standard* e de alto rendimento e comparar a previsão de economia e tempo que retornará o investimento.

Outra forma de economia é substituir chaveamento por inversores de frequência. Este equipamento tem o objetivo de variar a velocidade em motores de indução trifásicos, levando em consideração os tipos de carga a serem acionadas. Quando é diminuída a rotação do motor através do inversor de frequência, a potência consumida é reduzida proporcionalmente à rotação. Reduzindo-se em 30% a rotação, a potência consumida será de 30% menor.

As esteiras transportadoras, ventiladores, exaustores, bombas centrífugas, misturadores, moinhos de bolas que apresentam variações nas cargas processadas, volumes transportados, vazões volumétricas e trabalham um grande número de horas mensais apresentam um grande potencial para o uso de inversores de frequência e motores de alto rendimento.

Manutenção de motores elétricos

Um setor de manutenção eficiente é, sem dúvida, a melhor proteção e prevenção contra anormalidades e interrupções de serviços em motores elétricos, chaveamentos, cablagens, máquinas e equipamentos. É necessário elaborar programas de manutenção preventivos, preditivos com o objetivo de manter as condições operacionais selecionadas nos equipamentos quando da sua instalação.

É importante estabelecer programas de manutenção autônoma em que o operador da máquina é parceiro da manutenção. Por meio de inspeção, detectando ruídos diferentes, vazamentos de lubrificantes, realizando uma avaliação conforme um roteiro, anormalidades pequenas podem ser identificadas.



Fique ligado!

A manutenção autônoma previne mediante pequenos reparos a interrupção das máquinas por longos períodos para realizar grandes reparos.

No Capítulo 5 descreveremos mais ações que podem ser desenvolvidas pelo setor de manutenção buscando eficiência nos equipamentos.

Aterramentos

Quando existem riscos de explosões causadas por movimentação de materiais, é preciso ter um bom sistema de aterramento.

O aterramento elétrico tem três funções principais:

- Proteger o usuário do equipamento das descargas atmosféricas, (raios) através de um caminho alternativo para a terra.
- Descarregar cargas estáticas nas carcaças das máquinas ou equipamentos para a terra.
- Facilitar o funcionamento dos dispositivos de proteção (fusíveis, disjuntores, etc), através da corrente desviada para a terra.

Aterramento significa ligação permanente de partes metálicas dos equipamentos elétricos com o propósito de formar um caminho condutor de eletricidade para a terra. O aterramento é obrigatório de acordo com a NBR 5410/97 e a baixa qualidade ou até a falta provoca queima de equipamentos. Suas características e eficácia devem satisfazer às prescrições de segurança das pessoas e funcionais da instalação.



Fique ligado!

O valor da resistência deve atender às condições de proteção e de funcionamento da instalação elétrica. Conforme orientação da ABNT, a resistência deve atingir, no máximo, 10 Ohms.

Sistemas de aterramento

A resistividade do solo varia com o tipo de solo, se é composto por mistura de diversos tipos de solo, teor de umidade, temperatura, compactação e pressão, concentração e composição química dos sais dissolvidos na água retida. Os sistemas de aterramento devem ser realizados de modo a garantir a melhor ligação com a terra.

Os principais sistemas de aterramento são:

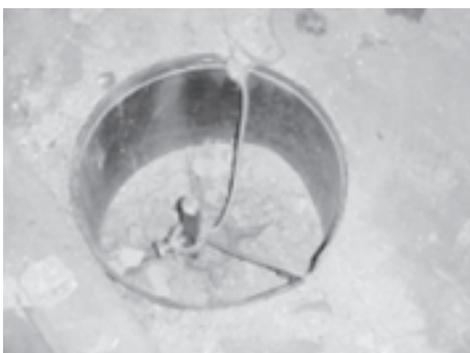
- uma haste simples cravada no solo;
- hastes alinhadas;
- hastes em triângulo;
- hastes em quadrado;
- hastes em círculos;
- placas de material condutor enterrado no solo (exceto o alumínio);
- fios ou cabos enterrados no solo.

A haste de aterramento normalmente é feita de uma alma de aço revestida de cobre. Seu comprimento pode variar de 1,5 a 4,0m. As de 2,5m são as mais utilizadas, pois diminuem o risco de atingirem dutos subterrâneos em sua instalação.

Figura 26 – Haste de aterramento



Figura 27 – Caixa de aterramento



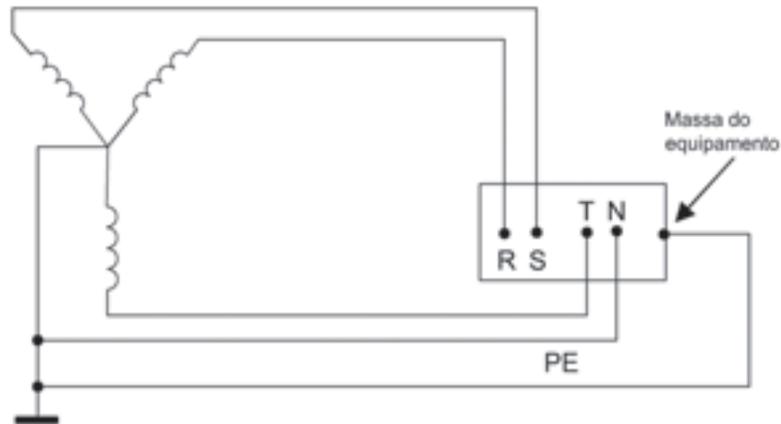
A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) possui uma norma que regulamenta o campo de instalações elétricas em baixa tensão. Essa norma é a NBR 5410, a qual, como todas as demais normas da ABNT, possui subseções. As subseções: 6.3.3.1.1, 6.3.3.1.2, e 6.3.3.1.3 referem-se aos possíveis sistemas de aterramento que podem ser feitos na indústria.

Os três sistemas da NBR 5410 mais utilizados na indústria são apresentados a seguir.

Sistema TN-S

Podemos perceber na Figura 28 que temos o secundário de um transformador (cabine secundária trifásica) ligado em **Y**. O neutro, que é representado pelo ponto em comum na ligação do transformador, é aterrado logo na entrada. Esse neutro é levado até a carga. Paralelamente, outro condutor identificado como PE, é utilizado como fio terra e é conectado à carcaça (massa) do equipamento e ligado ao neutro.

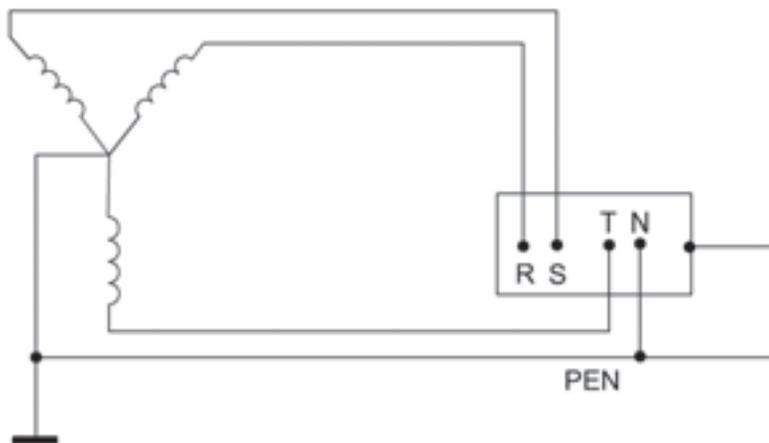
Figura 28 – Aterramento TN-S



Sistema TN-C

Nessa ligação, como podemos perceber na Figura 29, que o neutro que é representado pelo ponto em comum na ligação do transformador é levado até a massa (carcaça) do equipamento. O fio terra do equipamento é conectado a esse neutro. O fio terra e o neutro são constituídos pelo mesmo condutor.

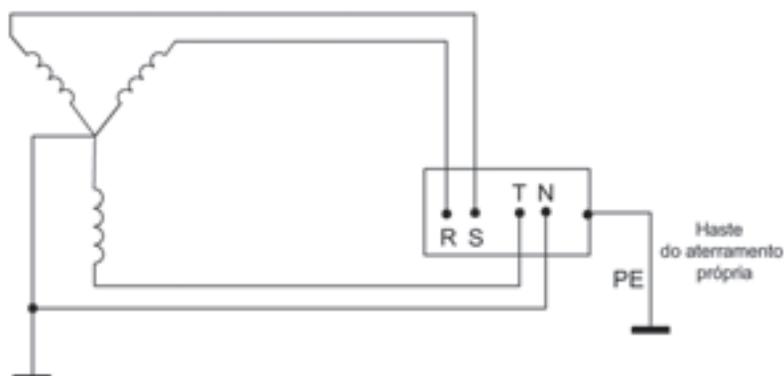
Figura 29 – Aterramento TN-C



Sistema TT

A Figura 30 vemos que o neutro é aterrado logo na entrada e segue (como neutro) até a carga (equipamento). A massa do equipamento é aterrada com uma haste própria, independente da haste de aterramento do neutro.

Figura 30 - Aterramento TT



Correntes de curto circuito

Sistemas de potência apresentam vários defeitos. Os defeitos geram interrupções no fornecimento de energia e podem causar danos nos equipamentos. São tipos de defeitos:

- curto-circuito;
- sobrecargas;
- sobretensões;
- fases abertas em motores.



Fique ligado!

A qualidade do projeto elétrico e dos equipamentos envolvidos na instalação são fatores para a redução da ocorrência de defeitos.

Por melhor que tenha sido desenvolvido o projeto, a montagem, a seleção do equipamento, sempre haverá risco de ocorrência de defeitos causando:

- corte prolongado no suprimento de energia elétrica;
- perda de equipamentos elétricos;
- incêndios;

- perdas de vidas humanas;
- custos elevados de reposição.

As correntes de curto-circuito são provenientes de falhas ou defeitos graves da instalação, tais como:

- falha ou rompimento da isolação entre fase e terra;
- falha ou rompimento da isolação entre fase e neutro;
- falha ou rompimento da isolação entre fases distintas.

Como consequência produzem correntes extremamente elevadas na ordem de 1000% a 10000% do valor da corrente nominal.



Atenção!

Correntes de curto-circuito são o pior tipo de defeito. Seus efeitos dependem da intensidade e duração. Manifestam-se brusca, dinâmica e termicamente em todos os componentes da instalação elétrica.

Em edificações destinadas ao trabalho, há uma série de normas trabalhistas que abrangem características das instalações, incluindo as instalações elétricas e de prevenção e combate a incêndio.



Fique ligado!

Nas instalações elétricas podem ocorrer correntes de curto circuito e dar início aos incêndios em máquinas ou instalações. Para se iniciar um incêndio, é necessário que haja combustíveis. Podemos definir os combustíveis como tudo que é suscetível de entrar em combustão (madeira, papel, pano, estopa, tinta, alguns metais, etc.)

Norma de segurança para trabalho com eletricidade – NR 10

As máquinas são compostas de equipamentos mecânicos (engrenagens, correntes, polias etc) e também de componentes elétricos (quadros de comando, inversores de frequência, relés, contactores, etc). Observe na Figura 31 um quadro de comando.

Figura 31 – Quadros de comando



Atenção!

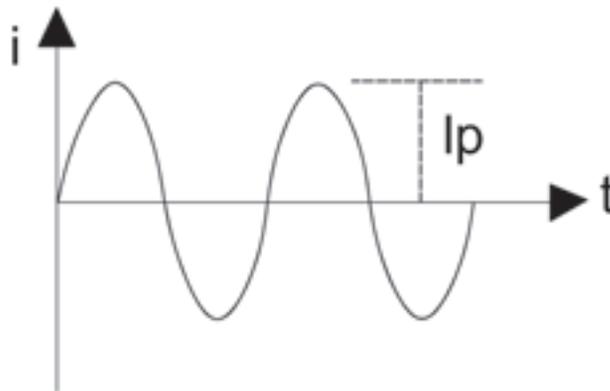
Em muitas empresas o próprio operador da máquina faz a manutenção tanto mecânica como elétrica. Troca fusível, rearma relés térmicos e faz o rearme de seccionadores e disjuntores. Isso é causa de vários acidentes, alguns com bastante gravidade, podendo levar o operador até a morte.

Um choque elétrico é a perturbação que se manifesta no organismo humano quando este é percorrido por uma corrente elétrica. Normalmente ocorre ao tocar um elemento energizado da rede de energia elétrica, por acidente ou intencionalmente.

Os riscos de acidentes dos empregados que trabalham com eletricidade estão presentes em qualquer das etapas: geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica; Esses riscos constam da Norma Regulamentadora Instalações e Serviços em Eletricidade – NR10 do Ministério do Trabalho e Emprego – MTE.

Como vimos anteriormente, o choque elétrico ocorre quando o organismo humano é percorrido por uma corrente elétrica. Podemos definir a corrente elétrica como um movimento de elétrons nos condutores. A corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas elétricas em um condutor sujeito a uma diferença de potencial elétrico. Por convenção, o sentido desta corrente é determinado pelo movimento das cargas positivas no interior do condutor, sendo naturalmente do ponto de maior para o de menor potencial, muito embora o sentido real seja dado pelos elétrons livres que fluem do ponto de menor potencial ao pólo de maior potencial. Veja na Figura 32.

Figura 32 – Corrente alternada



A *corrente alternada*, ou CA (em inglês AC), é uma corrente elétrica cuja magnitude e direção da corrente variam ciclicamente. Observe que o valor da tensão (e da corrente) alternada não é fixo, variando com o tempo. Contando-o a partir de zero até o máximo temos a amplitude (V_o), do mínimo até o máximo denomina-se valor pico-a-pico (V_{pp}),

O valor de pico-a-pico de uma tensão alternada é definida como a diferença entre seu pico positivo e seu pico negativo.



Fique ligado!

A corrente elétrica é medida através de um equipamento medidor chamado de *amperímetro* e sua unidade é o *Amper*.

Figura 33 – Amperímetros de alicate



Todos os instrumentos destinados a medir correntes que atualmente são utilizados baseiam o seu funcionamento na ação magnética da corrente.

Medidores de corrente ou amperímetros são ligados em série com o circuito de corrente.

As empresas costumam sinalizar nos equipamentos a forma de ligação das chaves através da comunicação visual, assim buscam garantir as adequadas orientações para a realização de atividades.

Mesmo com todos esses cuidados, sabe-se que existe um número enorme de acidentes fatais decorrentes de serviços feitos em eletricidade.



Fique ligado!

A Norma Regulamentadora **Instalações e Serviços em Eletricidade** – NR10 Ministério do Trabalho e Emprego – tem o objetivo de garantir a segurança dos empregados que trabalham em instalações elétricas, em suas diversas etapas, incluindo projeto, execução, operação, manutenção, reforma e ampliação, e assim como a segurança de usuários e terceiros.

Cuidados ao efetuar trabalhos em eletricidade

- Observar distância segura dos equipamentos.
- Não encostar em máquinas ou equipamentos supostamente desligados.
- Redobrar cuidados em ambientes sujos ou mal iluminados.
- Observar pisos molhados, em especial ao efetuar medições.
- Selecionar o melhor acesso aos equipamentos e quadros.

Observe, na Figura 34, as condições inseguras dos equipamentos.

Figura 34 – Condições inseguras



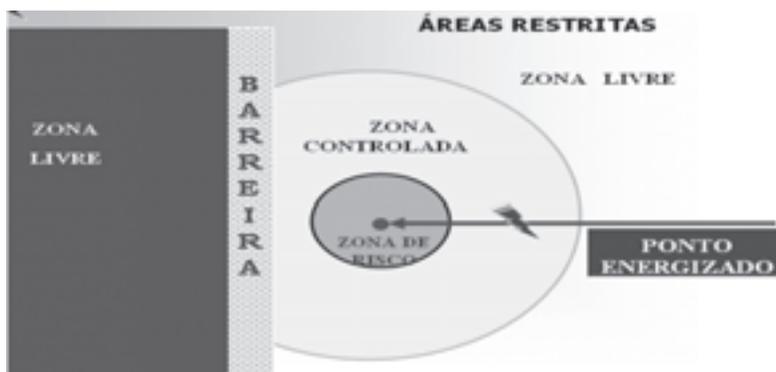
Segurança em instalações elétricas desenergizadas

Somente serão consideradas desenergizadas as instalações elétricas liberadas para serviço mediante os procedimentos apropriados e obedecida a seqüência a seguir:

- seccionamento;
- impedimento de reenergização;
- constatação da ausência de tensão;
- instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;
- proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada;
- instalação da sinalização de impedimento de energização.

Analise, na Figura 35 a representação das áreas.

Figura 35 – Representação de áreas



Sinalização de segurança

Para segurança dos operadores de máquinas e para os eletricitas no serviço de manutenção a norma exige que se faça sinalização de segurança para atender às situações a seguir:

- identificação dos circuitos elétricos;

- travamentos e bloqueios de dispositivos e sistemas de manobra e comandos;
- restrições e impedimentos de acessos;
- delimitações de áreas;
- sinalização de áreas de circulação, de vias públicas, de veículos e de movimentação de cargas;
- sinalização de impedimento de energização.

Observe a Tabela 2.

Tabela 2 – Raios de delimitação de zonas de risco controlada e livre

Faixas de tensão Nominal da instalação elétrica em kV	Rr - Raio de delimitação entre zona de risco e controlada em metros	Rc - Raio de delimitação entre zona controlada e livre em metros
< 1	0,20	0,70
≥ 1 e < 3	0,22	1,22
≥ 3 e < 6	0,25	1,25
≥ 6 e < 10	0,35	1,35
≥ 10 e < 15	0,38	1,38
≥ 15 e < 20	0,40	1,40
≥ 20 e < 30	0,56	1,56
≥ 30 e < 36	0,58	1,58
≥ 36 e < 45	0,63	1,63
≥ 45 e < 60	0,83	1,83
≥ 60 e < 70	0,90	1,90
≥ 70 e < 110	1,00	2,00
≥ 110 e < 132	1,10	3,10
≥ 132 e < 150	1,20	3,20
≥ 150 e < 220	1,60	3,60
≥ 220 e < 275	1,80	3,80
≥ 275 e < 380	2,50	4,50
≥ 380 e < 480	3,20	5,20
≥ 480 e < 700	5,20	7,20

Fonte: Norma NBR 10

Seqüência para reenergização

O estado de instalação deserneigizado deve ser mantido até a autorização para reenergização, devendo isso ser feito respeitando a seqüência dos procedimentos a seguir:

- retirada de todas as ferramentas, equipamentos e utensílios;
- retirada da zona controlada de todos os trabalhadores não envolvidos no processo de energização;
- remoção da sinalização de impedimento de energização;
- remoção do aterramento temporário da equipotencialização dos condutores dos circuitos;
- destravamento, se houver, e religação dos dispositivos de seccionamento.

Medidas de proteção individual

As medidas de proteção individual devem atender às orientações da NR 10 da Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego. Leia alguns itens da seguinte norma regulamentadora.

10.2.9.1 Nos trabalhos em instalações elétricas, quando as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou insuficientes para controlar os riscos, devem ser adotados equipamentos de proteção individual específicos e adequados às atividades desenvolvidas, em atendimento ao disposto na NR 6;

10.2.9.2 As vestimentas de trabalho devem ser adequadas às atividades, devendo contemplar a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas.

10.2.9.3 É vedado o uso de adornos pessoais nos trabalhos com instalações elétricas ou em suas proximidades.

A seguir, apresentamos alguns equipamentos de proteção individual.

Figura 36 – Equipamentos de proteção individual EPI



Segurança na construção, montagem, operação e manutenção

As instalações elétricas devem ser construídas, montadas, operadas, reformadas, ampliadas, reparadas e inspecionadas de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores e dos usuários, e serem supervisionadas por profissional autorizado, conforme dispõe a NR10.

Leia com atenção os artigos da NR 10, pois são fundamentais para a sua segurança.

10.4.2 Nos trabalhos e nas atividades referidas devem ser adotadas medidas preventivas destinadas ao controle dos riscos adicionais, especialmente quanto a altura, confinamento, campos elétricos e magnéticos, explosividade, umidade, poeira, fauna e flora e outros agravantes, adotando-se a sinalização de segurança.

10.4.3 Nos locais de trabalho só podem ser utilizados equipamentos, dispositivos e ferramentas elétricas compatíveis com a instalação elétrica existente, preservando-se as características de proteção, respeitadas as recomendações do fabricante e as influências externas.

10.4.3.1 Os equipamentos, dispositivos e ferramentas que possuam isolamento elétrico devem estar adequados às tensões envolvidas, e serem inspecionados e testados de acordo com as regulamentações existentes ou recomendações dos fabricantes.

10.4.4 As instalações elétricas devem ser mantidas em condições seguras de funcionamento e seus sistemas de proteção devem ser inspecionados e controlados periodicamente, de acordo com as regulamentações existentes e definições de projetos.

10.4.4.1 Os locais de serviços elétricos, compartimentos e invólucros de equipamentos e instalações elétricas são exclusivos para essa finalidade, sendo expressamente proibido utilizá-los para armazenamento ou guarda de quaisquer objetos.

10.4.5 Para atividades em instalações elétricas deve ser garantida ao trabalhador iluminação adequada e uma posição de trabalho segura, de acordo com a NR 17 – Ergonomia, de forma a permitir que ele disponha dos membros superiores livres para a realização das tarefas.

10.4.6 Os ensaios e testes elétricos laboratoriais e de campo ou comissionamento de instalações elétricas devem atender à regulamentação estabelecida nos itens 10.6 e 10.7, e somente podem ser realizados por trabalhadores que atendam às condições de qualificação, habilitação, capacitação e autorização estabelecidas nesta NR.

Veja, a seguir, um exemplo de sinalização de área.

Figura 37 - Área de separação



Voltando ao desafio

Para você fazer a listagem dos motores existentes em sua empresa, sugerimos no desafio, o preenchimento de uma tabela. Nessa tabela lhe é solicitado que você liste o número de motores e em que equipamento o motor está ligado. Qual é a potência em CV do motor, qual é a corrente nominal que o mesmo trabalha (está escrito na placa) e qual é realmente a corrente elétrica que ele está trabalhando. Quantas horas por dia esse motor trabalha também consta na tabela.

Resumindo

Neste capítulo estudamos as aplicações dos motores elétricos, suas características e indicadores.

Na indústria de modo geral, a maior carga elétrica é composta por acionamentos mecânicos. Um dos principais componentes são os motores elétricos, que são responsáveis por grande parte dos desperdícios de energia elétrica. Por consequência, temos baixo fator de potência, perdas de rendimentos e altos custos.

Aprendemos as formas de partida direta e com compensação. Vimos os dispositivos de proteção e a montagem, segundo a norma NBR 5410, que é a norma que rege o modo que devemos instalar os motores elétricos. Estudamos parte da NR 10 que trata da proteção aos operadores ao entorno da máquina com o estabelecimento de barreiras.

Aprenda mais

Uma das melhores formas de aprender mais sobre o assunto é visitar feiras de equipamentos elétricos, e consultar catálogos de fabricantes de motores, tais como: *WEG, Kolbach, Eberle, Siemens*.



Capítulo 3

FORMAS DE TRANSMISSÃO MECÂNICA

Iniciando nossa conversa

O objetivo principal de um acionamento é levar potência e velocidade a máquina tracionada. Normalmente a solução mais econômica é utilizar um motor elétrico e fazer uso de dispositivos que reduzem ou aumentam a velocidade.

Os motores elétricos representam aproximadamente 50 % da carga elétrica instalada em uma indústria e servem para acionar máquinas e equipamentos. O entendimento correto de como esses mecanismos funcionam, suas características operacionais contribuem para elevar o rendimento do acionamento, diminuindo perdas. Por exemplo, o deslizamento das correias em V representam perda de potência e contribuem para elevar os custos com energia elétrica na empresa.

Objetivos

Ao estudar o tema você tem por objetivos:

- reconhecer as características de um acionamento feito com correias em V, correntes de rolos, engrenagens e redutores;
- relacionar os acionamentos com a forma de aplicação das cargas;
- reconhecer os principais tipos de acionamentos empregados nas indústrias.

Um desafio para você

O setor de manutenção fará a reforma de uma das máquinas do setor de produção. O acionamento mecânico deverá apresentar características de estabilidade

na rotação. Para essa escolha você deverá saber se a melhor solução é transmitir potência através de correias, engrenagens, etc. Vamos analisar?

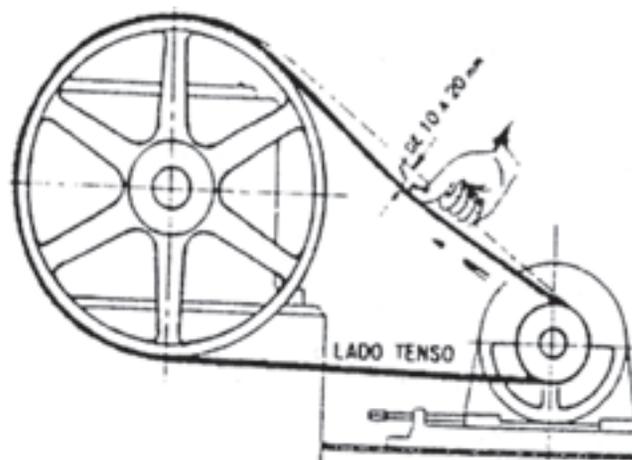
Continuando nossa conversa

Transmissão por conectores flexíveis

Os conectores flexíveis (correias) são elementos de máquinas destinados a transmitir movimento e potência, quando a distância entre os eixos condutor e conduzido for muito grande, de forma que a transmissão por contato direto se torne impossível ou antieconômica.

As correias são os conectores flexíveis de maior utilização na indústria. Servem para transmitir potência entre eixos através do abraçamento de duas ou mais polias. Veja o exemplo a seguir.

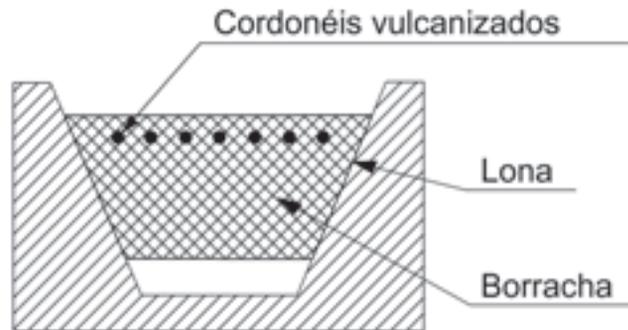
Figura 38 – Transmissão por correia em V



As correias são usadas para transmitir a força motriz com elevado rendimento com grande variedade de reduções, dispensando o uso de lubrificantes. A correia em V consiste de uma estrutura de fio, base e lona, com características de grande resistência e flexibilidade destinadas a transmitir potência.

A força é transmitida da polia para a correia e da correia para a polia por meio de aderência entre as superfícies. Nas correias em V temos o efeito de cunha e a força radial é transmitida através das faces da correia.

Figura 39 – Transmissão de força



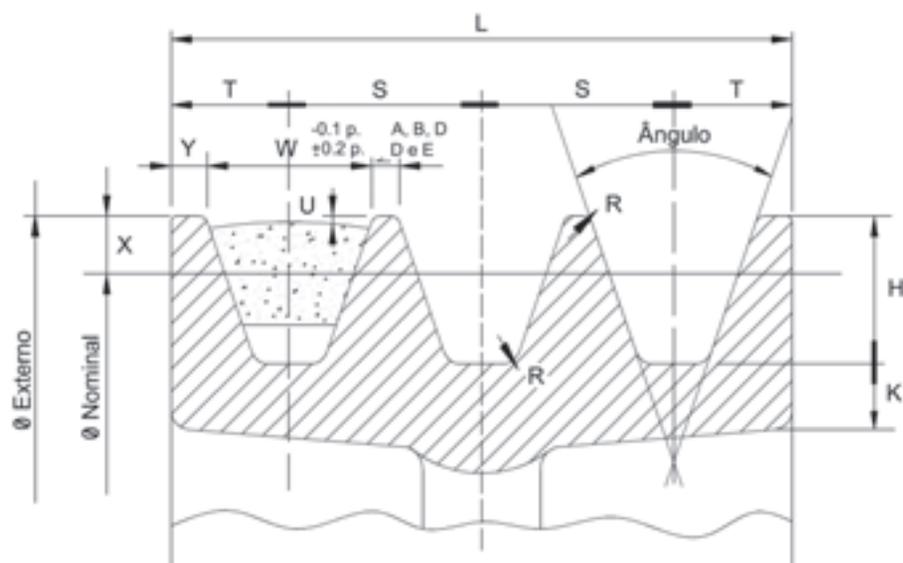
Para cobrir a larga variedade de transmissões em que as correias em V são empregadas, são fabricadas em 4 diferentes seções transversais.

Tabela 3 – Seção de correias em V

Seção	Largura superior (mm)	Altura (mm)	Ângulo °grau
A	13	8	40 ± 1
B	17	11	40 ± 1
C	22	14	40 ± 1
D	32	19	40 ± 1

À medida que aumenta a força a transmitir empregam-se as seções maiores. As correias transmitem a força de rotação de uma polia a outra. A construção destas polias é de grande importância para o bom funcionamento do conjunto. Os materiais empregados podem ser: ferro, aço, alumínio ou madeira. Como as correias apresentam perfis com dimensões padronizadas, as polias necessitam para sua construção também de dimensões padronizadas.

Figura 40 – Polia



Apresentamos a seguir uma tabela que trata das dimensões das polias.

Tabela 4 – Dimensões de polias

Correias Perfil	Ângulo		T	S	W	Y	Z	H	K	U=R	X	L
	Ø externo mm	Graus										
A	75 a 120	31°	9,50	15,0	13,0	3	2,0	13	5,0	1,0	5,0	Largura =2T+S(N-1)n
	125 a 190	36°										
	>200	38°										
B	125 a 170	34°	11,50	19,0	17,0	3	2,0	17	6,5	1,0	6,25	
	180 a 270	36°										
	>280	38°										
C	200 a 350	36°	15,25	25,5	22,5	4	3,0	22	9,5	1,5	8,25	
	>350	38°										
D	300 a 450	36°	22,0	36,5	32,0	6	4,5	28	12,5	1,5	11,0	
	>450	38°										
E	485 a 630	36°	27,25	44,5	38,5	8	6,0	33	16,0	1,5	13,0	
	>630	38°										

Montagem de correias

As correias em V ou planas, quando mal montadas ou frouxas, provocam a perda de velocidade da máquina e perda de potência, gerando ineficiência ao sistema.



Atenção!

As correias em V ou planas, quando forem montadas esticadas demais, provocam quebras dos eixos, desgaste rápido dos mancais de rolamento e desgaste acelerado da própria correia.

Tolerâncias de fabricação

As tolerâncias de fabricação para o comprimento da correia são bastante liberais em relação ao comprimento total. O esticamento da correia em serviço também é grande.

São necessárias algumas precauções para seu bom funcionamento:

- não trocar somente uma correia do jogo, mas todas;
- não misturar correias de marcas diferentes;
- ao comprar, indicar que se trata de um jogo.

Veja na Tabela 5 os limites de tolerância.

Tabela 5 – Tolerância de fabricação

Comprimento mm	Tolerância de fabricação mm	Tolerância max. de aplicação mm
400 950	+14, -8	2
1000 1250	+20,-10	3
1300 2000	+25,-15	4
2100 2500	+30,-15	7,5
2600 4250	+40,-20	10

A seguir, apresentamos alguns exemplos de transmissão por correias.

Figura 41 – Transmissão por correias

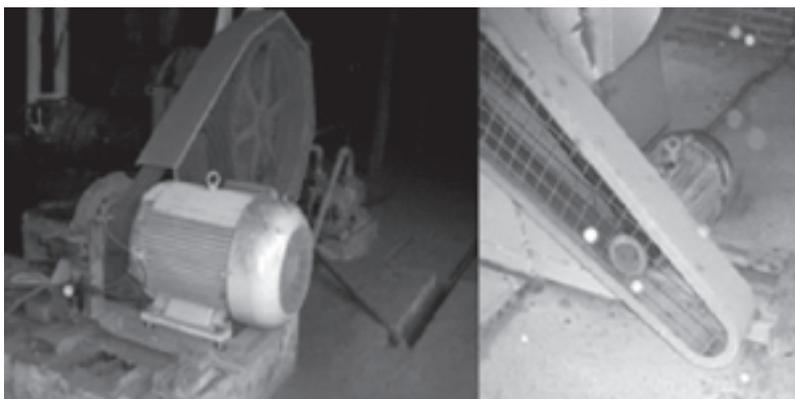
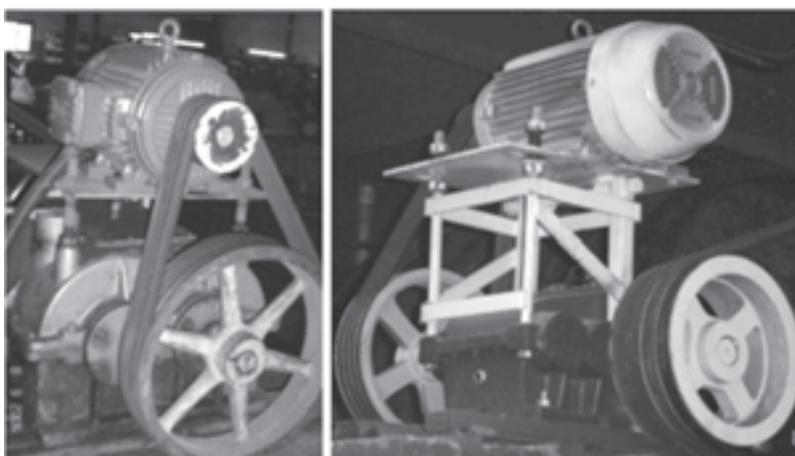


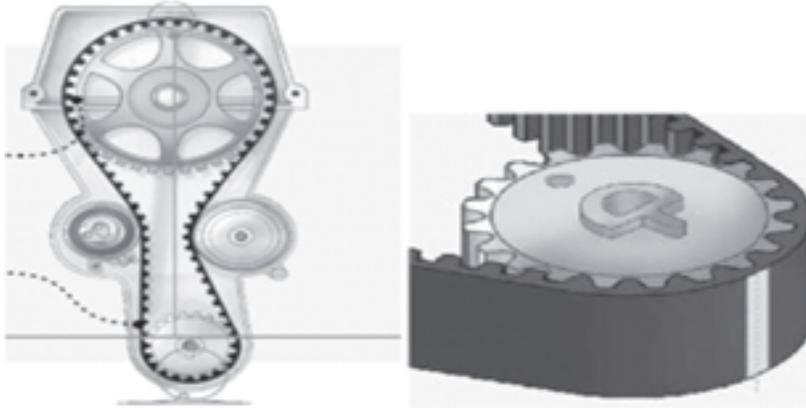
Figura 42 – Transmissão por correias



Correias dentadas

As correias dentadas são utilizadas quando se deseja transmitir potência sem que a correia alongue ou deslize nas polias. Apresentam dentes que encaixam nas polias. São muito utilizadas nos eixos de comando de automóveis como mostra o desenho a seguir.

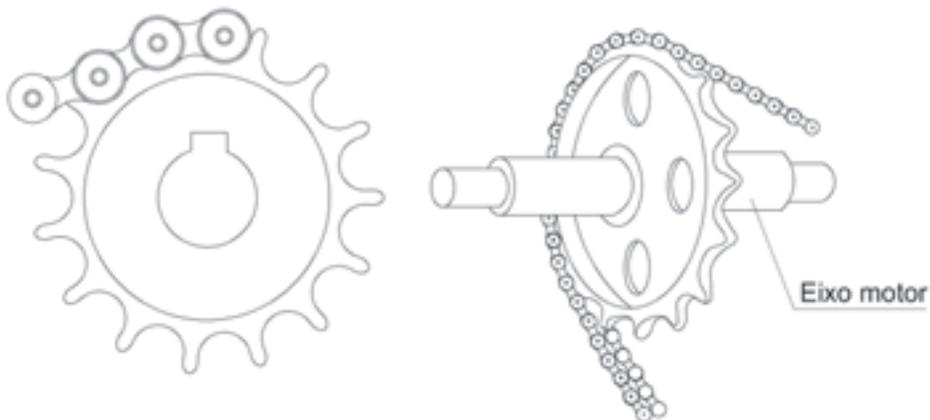
Figura 43 – Correia dentada



Transmissão por correntes de rolos

Em algumas transmissões de movimento e potência, se substituem as correias para eliminar provável perda de rotação pelo deslizamento, por correntes tipo *Renold*. São largamente utilizadas em transmissões não muito elevadas para que não possam ter perda de rotação (deslizamento) e também quando os eixos não permitem o uso de engrenagens devido ao afastamento entre centros. Observe o exemplo.

Figura 44 -Transmissão por corrente



Rodas dentadas (engrenagem)

A engrenagem é um elemento de máquina dotado de vãos e utilizado com vantagem na transmissão de movimentos, eliminando provável perda de rotação pelo deslizamento e transmitindo grandes esforços.

Com relação ao posicionamento do eixo, as engrenagens podem ser classificadas em:

- engrenagens de eixos paralelos;
- engrenagens com eixos que se cortam;
- engrenagens com eixos que se cruzam.

A seguir apresentamos exemplos de engrenagens.

Figura 45 – Engrenagens

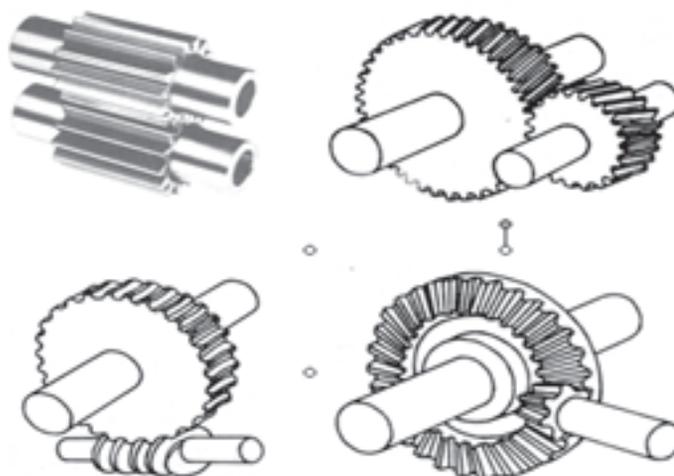
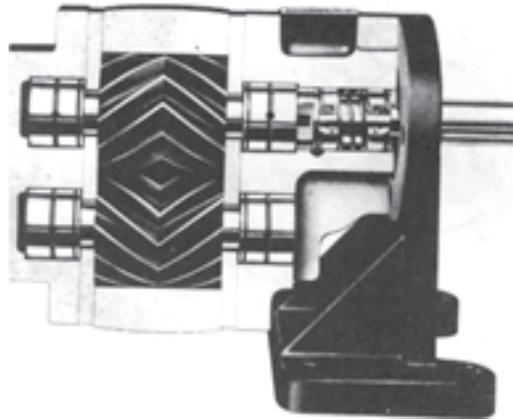


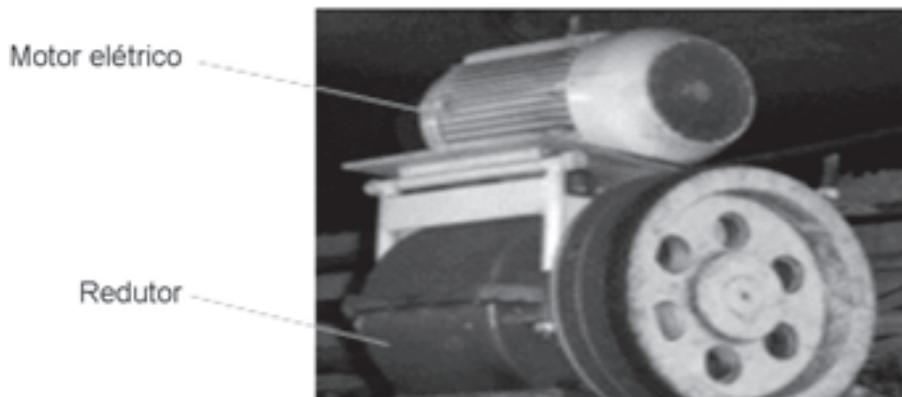
Figura 46 – Engrenagem espinha de peixe



Redutores

As máquinas trabalham com várias rotações dependendo do processo. Os acionamentos são feitos através de motores elétricos de 2, 4 ou 6 pólos. Um motor de 2 pólos tem uma rotação de 3500 RPM, um motor de 4 pólos tem uma rotação de 1750 RPM e um motor de 6 pólos tem uma rotação 850 RPM. Quando é feita a montagem do conjunto de acionamento destes motores (árvores, polias etc), existem limitações técnicas e econômicas para fazer baixar a rotação. Para conseguir fazer essas reduções faz-se uso de dispositivos que recebem a alta rotação do motor e diminuem para compatibilizar com a rotação da máquina. A estes dispositivos chamamos de *Redutores ou caixa de redução*. Observe a ilustração a seguir.

Figura 47 – Redutor



Os redutores são constituídos de trens de engrenagens com dois ou mais conjuntos de rodas dentadas, montadas em caixas que são fundidas ou soldadas com a finalidade de servirem de suporte mecânico, conterem o óleo lubrificante e servirem de apoio para as árvores e sistemas de acoplamento.

Temos vários tipos de redutores:

- redutores de eixos paralelos com engrenagens de dentes retos ou helicoidais;
- redutores de parafuso sem fim e coroa, etc.

Os redutores ou caixas de redução são construídos para potências específicas e reduções determinadas. Por exemplo, em redutor de três eixos com potência de 25 CV e com redução de 1: 15,12, significa que ele foi dimensionado para transmitir uma potência mecânica de 25 CV e para diminuição do giro do motor em aproximadamente 15,12 vezes.

Veja os exemplos mostrados a seguir.

Figura 48 – Moto redutor

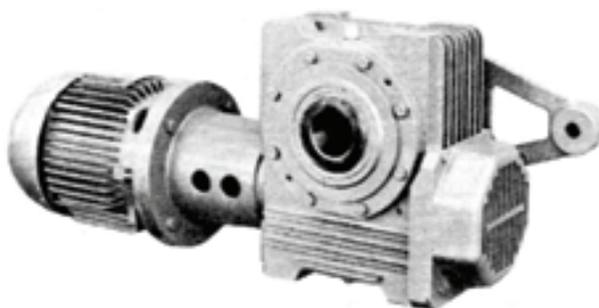
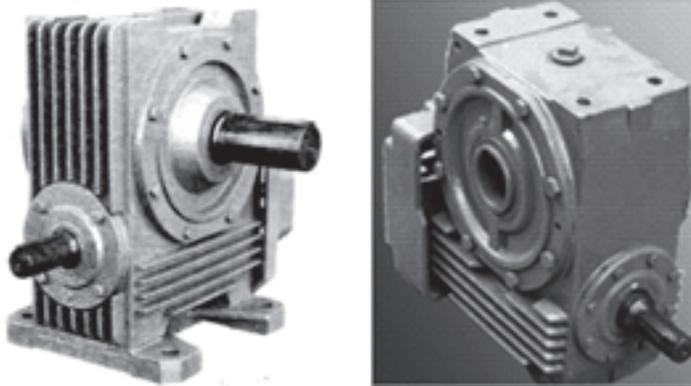


Figura 49 – Moto redutores



Fique ligado!

Os redutores podem ainda serem montados em conjuntos de acionamentos fazendo-se uso de polias que diminuem ainda mais as rotações.

Voltando ao desafio

Veja: nesse capítulo você estudou a maioria das aplicações de acionamentos usados na indústria. Analisamos a transmissão por correias em V e correias dentadas, aprendemos os critérios para a escolha de uma ou outra. Vimos que a melhor aplicação para que não ocorra variação na rotação por deslizamento na transmissão é fazer uso de correntes ou rodas dentadas.

Resumindo

Neste capítulo estudamos as aplicações dos acionamentos mecânicos que, combinados com os motores elétricos, são utilizados nas indústrias. Buscamos sempre indicar formas de melhorar o rendimento nas transmissões para não perder

potência nos acionamentos. Ressaltamos que a perda de potência representa dinheiro jogado fora. Falamos sobre perdas e como essas custam caro. São pelo custo da energia desperdiçada e pela diminuição da vida útil dos equipamentos e, ainda, pela indisponibilidade do equipamento para a produção.

Aprenda mais

Uma das melhores formas de aprender mais sobre o assunto é visitar feiras de equipamentos. Pela leitura de catálogos de fabricantes de engrenagens, de correias em V tais como: *Gates*, *Goodyear* obtém-se muitas informações.

Há, também, os catálogos dos fabricantes de redutores que podem ser consultados (*Falk*, *Flender*, *Transmotéc*). Eles possuem diversas informações referentes aos seus equipamentos.



Capítulo 4

ACOPLAMENTOS

Iniciando nossa conversa

O objetivo de um acoplamento é fazer a ligação mecânica entre a máquina que irá ser acionada e a acionadora, normalmente um motor elétrico. Existem no mercado vários tipos e marcas comerciais de acoplamentos. Sua escolha depende das características de: potência, torque, velocidade, ambiente, contaminantes. Normalmente a solução mais econômica é utilizar um motor elétrico e fazer uso de dispositivos que reduzem ou aumentam a velocidade. A correta escolha do acoplamento contribui para aumentar o rendimento da transmissão mecânica, auxiliando no aumento da eficiência.

Objetivos

O estudo desse tema tem como objetivos:

- reconhecer as características de um acionamento feito com os mais variados tipos de acoplamentos;
- acoplamentos rígidos quando usá-los;
- acoplamentos flexíveis, suas vantagens, como devem ser montados; os materiais utilizados na sua fabricação;
- compreender como e por que devemos alinhar os acionamentos;
- os tipos de desalinhamentos;
- as ferramentas empregadas nos alinhamentos de eixos;
- o alinhamento a laser.

Um desafio para você

O setor em que você trabalha será trocado de lugar. Foi construído um prédio maior, com melhores condições de iluminação, conforto para os operadores e com a possibilidade de ampliações. A primeira máquina que será transferida tem o motor separado da mesma. O motor tem uma fundação independente da base da máquina. Você verificou as fundações em que a máquina e motor serão assentadas e viu que o alinhamento apresenta uma diferença radial muito pequena. Que tipo de acoplamento você aconselha para ligar o motor e a máquina? Flexível ou rígido?

Continuando nossa conversa

Acoplamentos

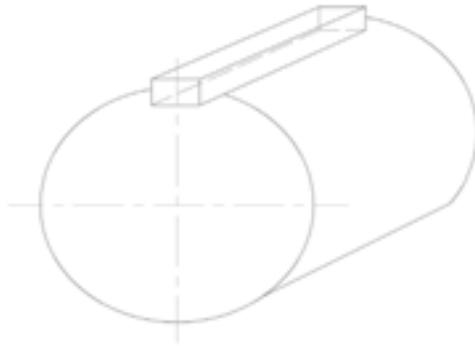
São elementos de máquinas destinadas a transmitir potência entre árvores.

Como vimos anteriormente, árvores transmitem torque, eixos transmitem velocidade, mas comumente se chama toda transmissão por eixo. Existe uma grande variedade de acoplamentos desenvolvidos por empresas e estão disponíveis no mercado. As formas disponíveis são as mais variadas desde chavetas até acoplamentos hidráulicos, que serão apresentados neste texto.

Chavetas

As normas ASME Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos (American Society of Mechanical Engineers) e DIN Instituto de Normas alemãs (Deutsches Institut für Normung) definem chavetas como uma peça desmontável, que quando assentada a um rasgo produz a transmissão de potência (ou torque) entre a árvore e o elemento associado a esta conexão. As chavetas são normalizadas para diversos perfis e tamanhos. Os tipos mais comuns de chavetas são retas ou planas. Observe a Figura 50.

Figura 50 – Chavetas planas



Chavetas meia-lua ou Woodruff – apresentam secção transversal circular ou meia-lua. Tem menores fatores de concentração de tensões. Usadas em máquinas ferramentas e indústria automotiva. Usadas em geral em árvores com diâmetros menores ou iguais a 60 mm (2 ½”).

Figura 51 – Chaveta meia lua

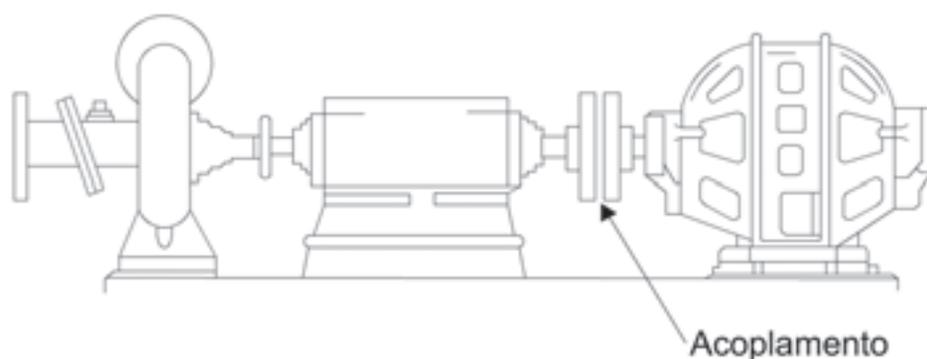


Os materiais usados em chavetas são: aços ABNT 1050 e ABNT 1060 (st60 ou st80).



Fique ligado!

Os comprimentos das chavetas devem ser inferiores a 1,5 vezes o diâmetro da árvore ($l \leq 1,5d$). Caso o comprimento necessário seja superior a este limite, usar duas ou mais chavetas, defasadas de 90° entre si.

Figura 52 - Acoplamento

Os acoplamentos podem ser divididos em dois grupos rígidos e flexíveis. Quando os eixos estiverem montadas em bases rígidas, bem alinhadas, podemos usar acoplamentos rígidos. Os acoplamentos rígidos não permitem movimento relativo entre o eixo motor e o eixo movido. São aplicados quando temos transmissões onde necessitamos de fidelidade e precisão no torque.

Falaremos dos acoplamentos flexíveis mais adiante. Veja, a seguir, exemplos de acoplamentos rígidos.

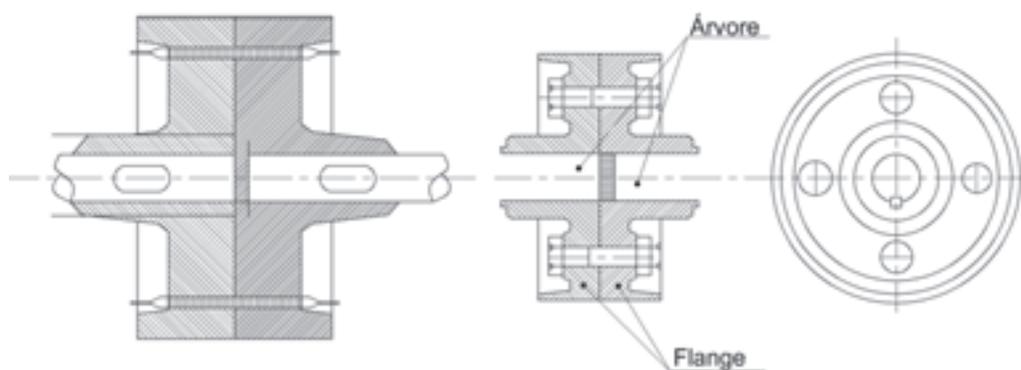
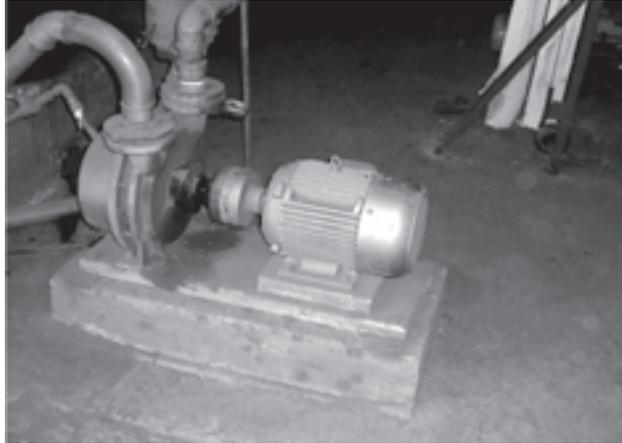
Figura 53 – Acoplamento rígido

Figura 54 – Acoplamento rígido



Torque

Quando um eixo é torcido em relação a sua linha de centro, as forças de mesma direção, agindo em sentidos opostos e atuando em pontos diferentes de um mesmo corpo rígido produzem torques (também chamados momentos ou binários), que tendem a girar o corpo.



Fique ligado!

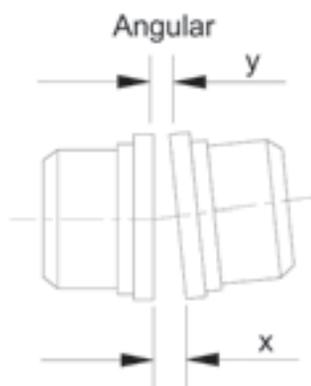
Torque é a força utilizada para fazer o eixo girar. A unidade do sistema internacional para o torque é o Newton metro (Nm).

Tipos de desalinhamentos

No caso de bases sujeitas a esforços de tração, empenamento ou deslocamentos, os eixos devem ser acoplados por meio de acoplamentos flexíveis, também chamados de complacentes. As árvores podem apresentar três tipos de desalinhamentos: angular; radial e axial. Vamos analisá-los a seguir.

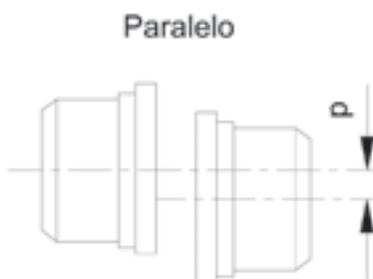
Desalinhamento tipo angular – ocorre entre eixos que apresentam um ângulo em sua montagem.

Figura 55 – Eixo desalinhado angularmente



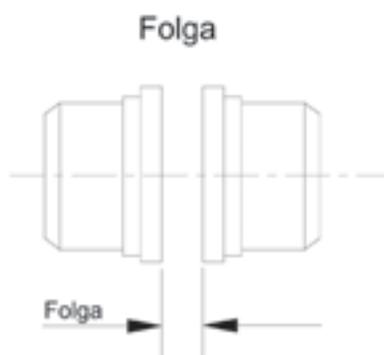
Desalinhamento tipo radial – ocorre entre eixos que apresentam excentricidade em sua montagem.

Figura 56 – Eixo desalinhado radialmente



Desalinhamento tipo axial – ocorre quando apresenta folga axial entre os eixos na montagem.

Figura 57 – Eixo desalinhado axialmente



Esses desalinhamentos podem ocorrer de forma individualizada ou combinada. Para compensar estes tipos de desalinhamentos deve-se usar acoplamentos flexíveis.

Acoplamentos flexíveis

Existem vários tipos de acoplamentos flexíveis no mercado, cada tipo apresenta características específicas que vamos agora analisar.

http://www.funcke.com.br/acoplamentos_omega.asp

Acoplamentos de engrenagens

Sobre os cubos existem dentes externos que em combinação da luva com dentes internos fazem o acoplamento.

Transmitem cargas elevadas com altas velocidades porque apresentam grande número de dentes. Esse tipo é usado para compensar desalinhamentos angulares e axiais.

Figura 58 – Acoplamento de engrenagens



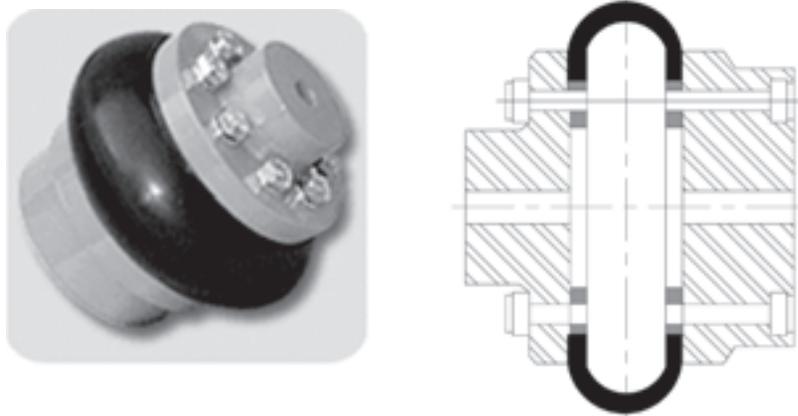
http://www.somatec.ind.br/pdfs/acoplamento_de_eng_100.pdf

Acoplamentos com insertos flexíveis

Neste tipo de acoplamento o elemento intermediário é deformável. O elemento elástico é constituído de borracha com lona (pressão específica para borracha em torno de 8-14 kgf/cm). Esse acoplamento é indicado para torques médios e permite compensar grandes desalinhamentos.

Veja a ilustração a seguir.

Figura 59 – Acoplamento com inserto flexível



Fique ligado!

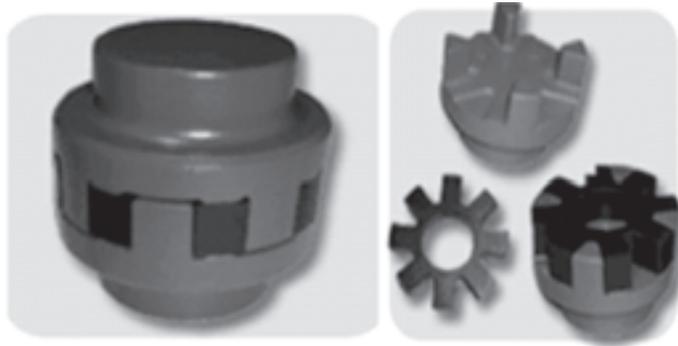
A borracha com o tempo apresenta fadiga devendo ser trocada. Não são permitidos trabalhos com vazamento de óleo sobre a borracha.

Acoplamentos com insertos flexíveis, tipo mandíbulas

Os dois cubos são conectados por um elemento flexível, que normalmente é feito de material elastomérico. Esse tipo de acoplamento permite deslocamentos axiais e radiais.

Observe, na figura a seguir, esse tipo de acoplamento.

Figura 60 – Acoplamento tipo mandíbulas



O elemento de compensação é feito de material elastomérico (material com características de elasticidade), permitindo, assim, o desalinhamento entre os eixos sem causar danos aos mesmos. Além de apresentar elasticidade, devem ser resistentes (voltar às dimensões iniciais quando retirada a carga) e apresentar resistência ao ataque de lubrificantes como óleos e graxas.

Veja, na ilustração a seguir, um tipo de acoplamento.

Figura 61 – Acoplamento tipo mandíbulas



Acoplamento de grades

Esse tipo de acoplamento foi desenvolvido pela empresa *FALK*. É constituído por dois cubos com flanges ranhurados onde se monta uma grade elástica de metal

que faz a ligação entre os cubos. Transmite grandes torques e compensa qualquer tipo de desalinhamento.

Figura 62 – Acoplamento de grade *Falk*



http://www.torkflex.com.br/beta2101/images/online/catalogo_Catalogo%20COMPLETO%20AT+RGD.pdf

Acoplamentos de espiral

Os acoplamentos de espiral são constituídos de uma só peça. O fole age como uma junta de dilatação para compensar as alterações térmicas dos eixos que se aquecem em altas rotações.

Esse tipo de acoplamento compensa desalinhamentos axiais, angulares e radiais, mas apresentam características de torque limitado se comparado aos outros.

Analise na próxima ilustração um exemplo de acoplamento em espiral.

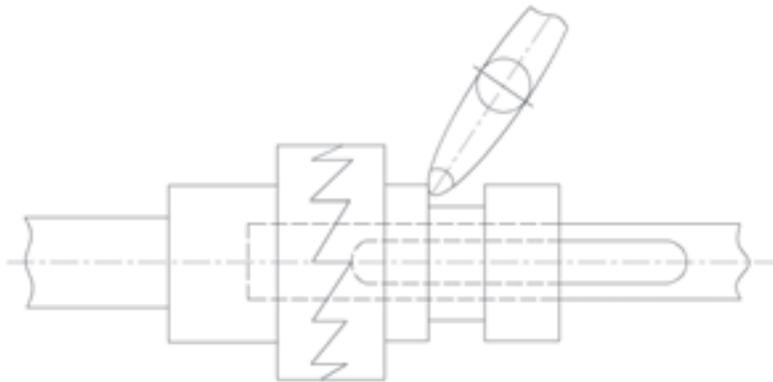
Figura 63 - Acoplamento de espiral



Acoplamentos móveis

Esses acoplamentos são empregados quando se deseja transmitir força e movimento somente nos momentos que forem acionados. Eles obedecem a um comando manual ou automático.

Figura 64 – Acoplamento móvel

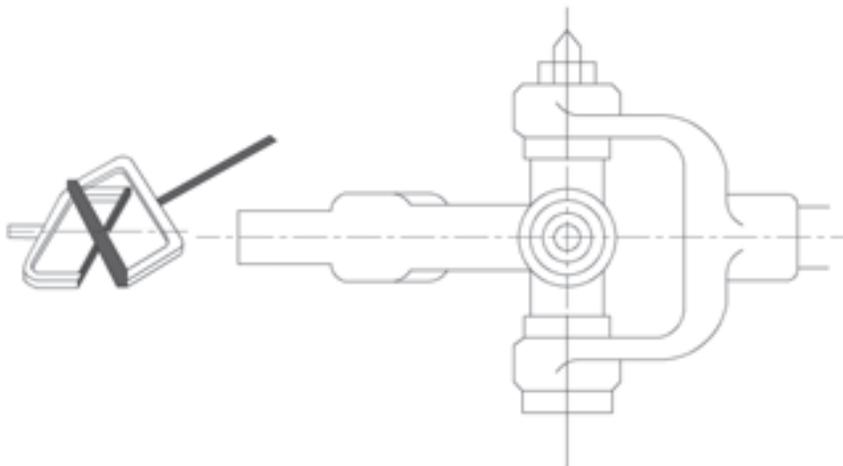


Junta de articulação

É usada para transmissão de torque em casos de eixos que formarão ângulo fixo ou variável durante o movimento. A junta de articulação mais conhecida é a *junta universal* (ou *junta cardan*) empregada para transmitir grandes forças.

Observe o exemplo de *junta cardan*.

Figura 65 – Junta Cardan





Fique ligado!

Com apenas uma junta universal o ângulo entre as árvores não deve exceder a 15°. Para inclinações até 25°, usam-se duas juntas.

Montagem dos acoplamentos

O alinhamento das árvores deve ser o mais cuidadoso possível, mesmo quando forem usados acoplamentos elásticos, pois durante o serviço ocorrerão os desalinhamentos a serem compensados.

É necessário fazer a verificação da folga entre flanges e do alinhamento, assim como a concentricidade do flange com a árvore.

Antes de aplicar a carga é preciso certificar-se de que todos os elementos de ligação estejam bem instalados.

Tipos de alinhamento

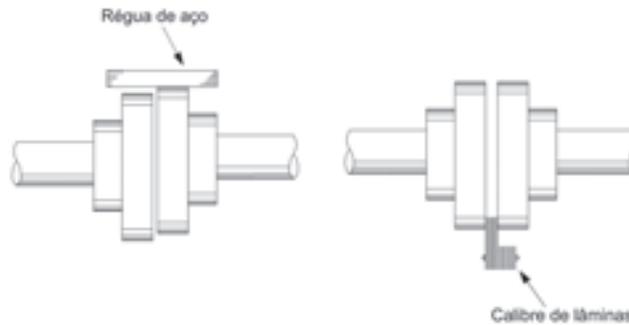
Tipos de alinhamento	
Alinhamento a frio	é feito com a máquina nas condições ambientes, em repouso.
Alinhamento a quente	é feito com a máquina na temperatura normal de operação.

Continuando nosso estudo, vamos analisar o alinhamento a quente.

Normalmente as máquinas estão sujeitas a dilatações ou contrações térmicas, porque funcionam em temperaturas diferentes da temperatura ambiente. Conseqüentemente, essas dilatações provocarão mudanças nas posições relativas de seus eixos. A meta final é manter a colinearidade das linhas de centro dos eixos durante o período de funcionamento das máquinas.

Observe as figuras a seguir.

Figura 66 – Alinhamento com régua ou calibre de lâminas



Fique ligado!

Alguns fabricantes de bombas fornecem a curva de desalinhamento a frio que possibilita alinhamento perfeito a quente.

Relógio comparador

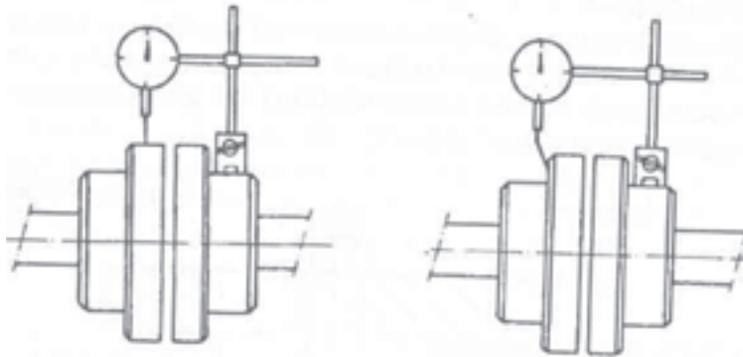
Medir uma grandeza é compará-la com outra de mesma espécie. O relógio comparador é um instrumento de medição por comparação, dotado de uma escala e um ponteiro, ligados por mecanismos diversos a uma ponta de contato.

Figura 67 – Relógio comparador



O relógio comparador consiste basicamente num mecanismo que transforma o deslocamento axial de uma ponta de contato em movimento radial. Esse movimento é transmitido ao relógio comparador, no qual pode-se obter a leitura da dimensão. Veja, a seguir, um exemplo de alinhamento com relógio comparador.

Figura 68 – Alinhamento com relógio comparador



Alinhamento a laser

Atualmente o melhor sistema de alinhamento de eixos acoplados é baseado na tecnologia de laser, por oferecer uma grande superioridade técnica em todos os níveis em face do método tradicional mecânico de relógios comparadores.

As vantagens do raio laser comparado aos sistemas tradicionais de alinhamento são a rapidez de operação e a confiabilidade.

- A precisão de leitura é de até 1 micron, eliminando dessa forma erros sistemáticos e rejeitando leituras inconsistentes. A precisão do raio laser chega a ser dez vezes maior do que a dos relógios.
- A garantia de simplicidade de procedimento da leitura. As medidas são tomadas clicando um botão.
- Não é necessário ler, anotar e introduzir os dados manualmente na máquina de calcular como no método tradicional evitando, assim, os erros sistemáticos de cálculo ou interpretação.
- Apresenta facilidade de montagem, sobretudo em eixos largos. Não ocorrem as deflexões que acontecem nos suportes mecânicos.

Veja, a seguir, exemplos de alinhamento a laser.

Figura 69 – Alinhamento a laser



Objetivos de um perfeito alinhamento entre eixos

Os elementos de máquinas que estão mais sujeitos a falhas são: os mancais de deslizamento ou de rolamentos, os selos mecânicos (usados em bombas centrífugas), acoplamentos rígidos e flexíveis e os eixos.

Com o alinhamento preciso das máquinas, deseja-se obter os resultados descritos a seguir:

- diminuir as forças radiais e axiais sobre os mancais para garantir maior tempo de vida aos mancais;
- minimizar a carga de flexão, para diminuir o empenamento de eixo no ponto de transmissão de potência no acoplamento;
- diminuir o desgaste nos componentes do acoplamento (borrachas, grades, luvas);
- diminuir as falhas nos selos mecânicos aumentando sua vida útil;
- o alinhamento pode diminuir os níveis de vibração em máquinas, aumentar a vida útil dos componentes e contribuir para uma diminuição dos custos de manutenção.



Atenção!

O desalinhamento é causa de vibração nas carcaças das máquinas, caixas de mancal, estragos em vedadores, retentores, anéis *oring*.

Sintomas de desalinhamento entre eixos

Os desalinhamentos não são verificáveis visualmente. Na maioria das vezes necessitamos de instrumentos, analisadores de vibração, relógios comparadores e, muitas vezes, em máquinas de grande porte, se faz necessário o uso de teodolitos.

Podemos verificar os efeitos secundários dessas forças que são exibidos através de alguns sintomas descritos a seguir:

- falhas prematuras de mancais, selos mecânicos, eixos e acoplamentos;
- excessivas vibrações no sentido radial e axial;
- temperaturas elevadas na carcaça e nos mancais;
- vazamento excessivo de óleo nos retentores ou vedadores dos mancais;
- parafusos de fundação que se afrouxam seguidamente;
- quebra ou afrouxamento dos parafusos dos acoplamentos;
- quebra ou trincas nos eixos próximos do mancal (rolamento) ou do cubo do acoplamento.

Todas as transmissões perdem potência no acionamento, por imprecisão na fabricação, montagem, tratamentos térmicos e desbalanceamentos.

A seguir apresentamos uma tabela que relaciona os rendimentos dos principais tipos de acionamentos.

Tabela 6 – Rendimento de acionamentos

Tipo de Acoplamento	Faixa de Rendimento (%)
Direto	100
Embreagem Eletromagnética	87-98
Polia com Correia Plana	95-98
Polia com Correia em V	97-99
Engrenagem	96-99
Roda Dentada (Correia)	97-98
Cardã	25-100
Acoplamento Hidráulico	100

Acoplamentos hidrodinâmicos

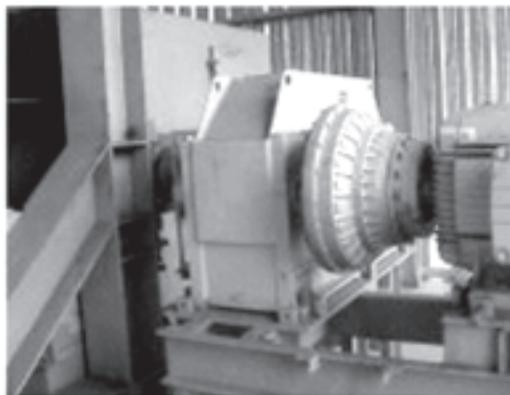
Existem situações em que as máquinas devem partir com carga, como por exemplo, britadores, máquinas que quebram pedras, compressores que partem comprimindo o ar ou os líquidos refrigerantes. Quando um motor arranca, ele requer de seis a oito vezes a corrente nominal, solicitando por um tempo de 15 a 20 segundos a rede elétrica da empresa.

Para diminuir esses efeitos na rede, usam-se chaves elétricas tipo estrela triângulo, compensadoras ou partidas eletrônicas, tais como inversores *soft-starter*. Existem dispositivos mecânicos que fazem o mesmo efeito de chaves de compensação. São dispositivos de partida mecânicos, semelhantes a um *soft-starter* utilizados quando se deseja:

- aceleração suave da carga;
- partidas do motor a vazio;
- proteção contra aquecimento por meio de bujões fusíveis;
- limitação do torque máximo mediante o controle do volume de óleo.

Observe a Figura 70.

Figura 70 – Acoplamento hidráulico



Princípio de funcionamento

O acoplamento é constituído por dois elementos de transmissão e potência.

O primeiro é impulsor e está ligado ao motor, recebendo a potência do mesmo. Funciona pelo princípio da bomba centrífuga, criando uma corrente de fluido sob pressão arrastando o rotor.

O segundo é o rotor que está ligado à carga e é arrastado pelo impelidor através do óleo sob pressão.

Ambos, rotor e impelidor, estão colocados no interior de uma carcaça metálica contendo o fluido hidráulico, óleo ou água.

Figura 71 – Impelidor



Figura 72 – Montagem do acoplamento hidráulico

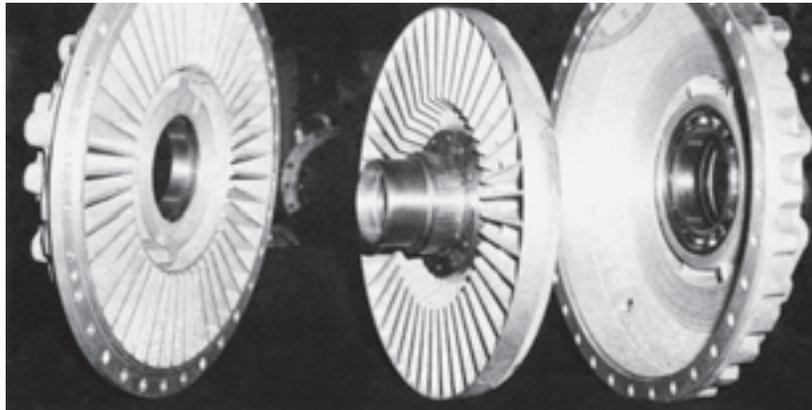


Figura 73 – Acoplamento hidráulico



Fique ligado!

Os fabricantes recomendam um nível certo de óleo para o perfeito funcionamento do acoplamento hidráulico, bem como o tipo de óleo adequado com relação à viscosidade e características técnicas.

Os motores de grande potência apresentam algumas características específicas.

Quando o motor parte, ele apresenta uma elevada corrente de partida e ainda o tempo gasto na aceleração das cargas de alta inércia resulta em elevação de temperatura do motor. Essa elevação excessiva nos enrolamentos do motor pode encurtar sua vida útil ou mesmo ocasionar sua queima. Para evitar que isso aconteça a NBR 7094 estabelece um regime de partida mínimo que os fabricantes de motores devem se adequar.

Regimes de partida

Duas partidas sucessivas, com o motor frio, isto é, enrolamento com temperatura ambiente e a segunda logo a seguir, com o motor tendo desacelerado até o repouso.

Uma partida com o motor quente com o enrolamento na temperatura de regime. Nas partidas de motores de grande potência são empregados acoplamentos hidráulicos que fazem que o motor parta sem carga.

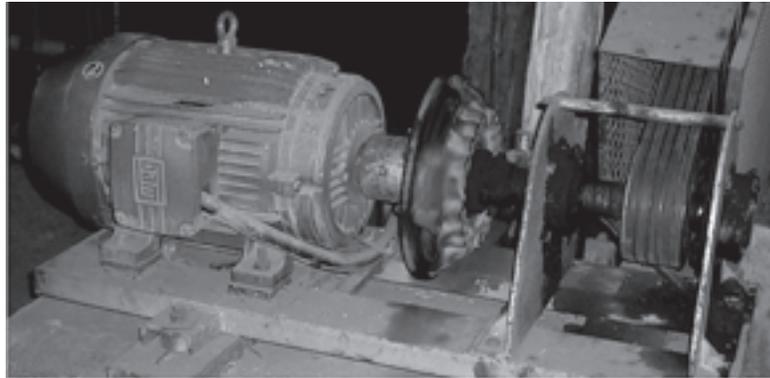


Fique ligado!

A grande vantagem em utilizar o acoplamento hidráulico é a de permitir a partida do motor sem carga, dispensando dispositivos de compensação, tais como estrela triângulo, compensadora ou chaves eletrônicas.

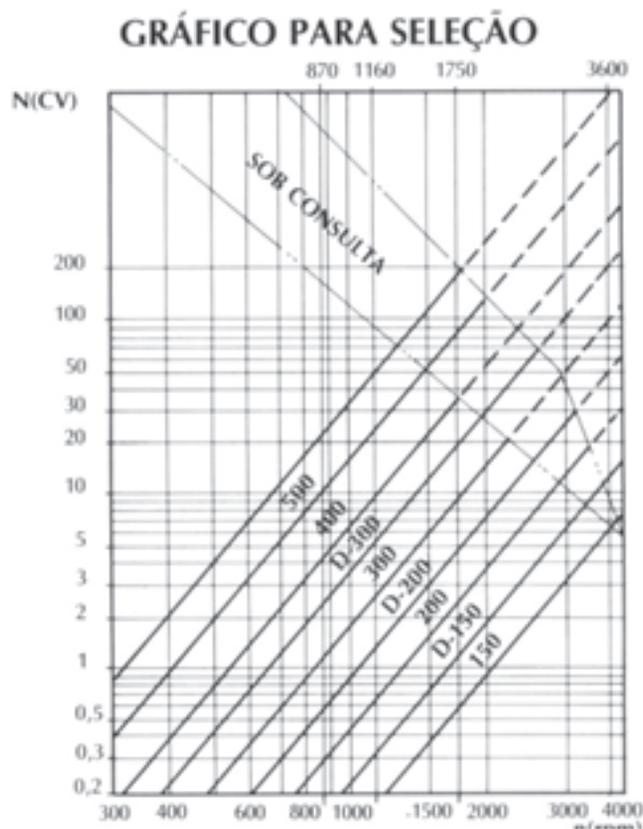
É interessante obter informações sobre a seleção de acoplamentos hidráulicos junto aos fabricantes.

Figura 74 – Acoplamento hidráulico



A seleção do acoplamento se dá normalmente seguindo os gráficos efetuados pelos fabricantes. Normalmente utilizam como parâmetros a rotação do motor elétrico e a potência do acionamento. Observe o exemplo a seguir.

Figura 75 – Gráfico para seleção do acoplamento





Fique ligado!

Nos acoplamentos motor carga deve-se verificar:

- o alinhamento de eixos cuidadosamente. O desalinhamento pode sobrecarregar os mancais próximos e causar um consumo excessivo de energia (acoplamentos rígido normalmente);
- o desalinhamento, sobretudo em acoplamentos plásticos, que pode causar desgastes, diminuir a vida útil, além de reduzir a eficiência de transmissão do conjunto acoplamento x componente;
- a lubrificação das peças que compõem o acoplamento motor carga, pois estas devem trabalhar o mais livre possível, para diminuir o consumo de energia;
- em todo o conjunto (redutores, caixas de engrenagem, corrente de transmissão, correias planas e correias em v), os valores estabelecidos em projeto e avaliar o quanto estão afastados das condições iniciais.

Para se definir as perdas de energia decorrentes da falta de observância das ações indicadas anteriormente, deve-se utilizar um analisador eletrônico de vibração e/ou um amperímetro para se comparar a corrente nominal do motor com a corrente efetiva utilizada.

Voltando ao desafio

Respondendo ao desafio proposto para você vamos aconselhá-lo em sua escolha. Os acoplamentos rígidos são usados em bases rígidas bem alinhadas. Pela questão proposta o motor apresentava uma fundação independente da máquina. Apresentava, ainda, um pequeno desalinhamento radial.

Os acoplamentos flexíveis já permitem um certo desalinhamento. Portanto, a escolha mais acertada seria um acoplamento flexível.

Resumindo

Neste capítulo estudamos as aplicações dos acoplamentos que, combinados com os motores elétricos, são utilizados nas indústrias. Vimos como os desalinhamentos concorrem para diminuir a eficiência das transmissões mecânicas. Verificamos os acoplamentos rígidos e os flexíveis. Entendemos por que e como alinhá-los. Estudamos as aplicações dos acoplamentos hidrodinâmicos.

Aprenda mais

Uma das melhores formas de aprender mais sobre o assunto é visitar feiras de equipamentos. Consulte também os catálogos de fabricantes de acoplamentos, pois eles trazem informações atualizadas sobre o assunto.



Capítulo 5

MANUTENÇÃO DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

Iniciando nossa conversa

O objetivo da manutenção é manter os equipamentos e instalações das fábricas em condições operacionais satisfatórias de trabalho sempre gastando o menos possível. Para que isso ocorra, a manutenção deve ser organizada visando a parte mecânica e a elétrica dos equipamentos assim como executar os planos de lubrificação e reformar máquinas e equipamentos.

Muitas vezes a atividade envolve riscos de acidentes, principalmente quando se tem de trabalhar em altura ou executar soldas em ambientes com risco de explosões. Neste capítulo vamos descrever alguns dos trabalhos efetuados pela manutenção.

Objetivos

São objetivos do estudo desse tema:

- Reconhecer o objetivo da manutenção na sua empresa, os tipos de manutenção existentes, corretiva, preventiva, preditiva e as características de cada forma. Relacionar as formas de manutenção com a eficiência e os custos de manutenção.
- Entender como a manutenção se organiza para atender às ocorrências.
- Reconhecer a importância da lubrificação para os equipamentos mecânicos. entender algumas manutenções recomendadas nas máquinas.

Um desafio para você

Você é o supervisor de produção em sua empresa. Está preocupado em manter os níveis de produção, se o quadro de operadores de máquinas é suficiente; se o estoque para a produção está adequado, etc. O PCP da empresa mandou um grande pedido de fabricação portanto é necessário planejar bem o atendimento do pedido.

Ao mesmo tempo, chega a notícia de que o supervisor de manutenção saiu da empresa e que você terá de assumir temporariamente as duas supervisões: a de produção e a de manutenção. Como você poderia dar conta das duas atividades? Faça um plano de ação.

Continuando nossa conversa

Manutenção das máquinas

Podemos definir manutenção como um conjunto de atividades que tem como objetivo conservar em condições operacionais satisfatórias, o patrimônio da empresa, prédios, máquinas, utilidades etc.

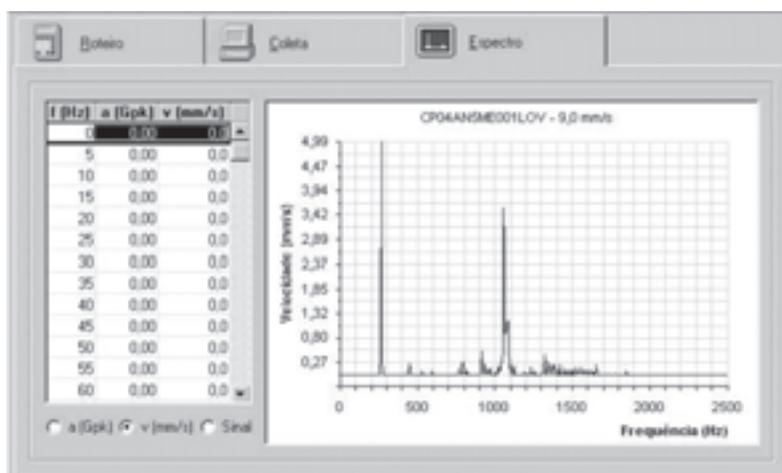
As atividades de manutenção podem ser efetuadas de duas formas: atuando corretivamente e preventivamente.

Atividades de manutenção	
Corretiva	A manutenção se limita a atuar sempre de forma emergencial, isto é, após a quebra ou colapso da máquina são alocados os recursos e a manutenção tem a difícil tarefa de localizar o defeito, saná-lo e colocar novamente o equipamento em operação.
Preventiva	A manutenção trabalha de acordo com um programa previamente traçado em que são estabelecidas paradas periódicas para que sejam feitas inspeções e trocas de peças de acordo com pré-dimensionamento de vida útil das referidas peças. Essa manutenção é baseada em um trabalho de coleta de dados e engenharia de confiabilidade.

Uma outra forma de atuar preventivamente com controle do equipamento é por meio da *manutenção preditiva*. É efetuada com a máquina em funcionamento utilizando-se instrumentos que podem prever as falhas e determinar as trocas de componentes necessárias. Normalmente se utilizam analisadores de vibra-

ções que nos dão o espectro de vibrações. Veja o exemplo a seguir.

Figura 76 – Espectro de vibrações



Fique ligado!

As organizações industriais devem adotar os métodos preventivos em vez da pouca eficiência do método corretivo.

Continuando nosso estudo, vamos agora tratar dos assuntos gestão e administração que são essenciais para a criação de um bom plano de manutenção.

Gestão e administração

Para introduzi-lo ao tema, apresentamos a definição de três termos muito importantes para o nosso estudo: administração, gestão e sistema de gestão.

Administração	Ação de administrar o conjunto de princípios, normas e funções, com o objetivo de ordenar a eficiência para se obter resultados no programa.
Gestão	Ação de gerenciamento das atividades de um programa de manutenção.
Sistema de Gestão	Conjunto de estratégias, táticas, ações e controles destinados a converter recursos em resultados.

Agora que já estudamos esses conceitos, daremos prosseguimento analisando a implantação de um plano de manutenção.

Como iniciar um programa de manutenção preventiva

Um bom sistema de gestão deve prever a existência de um programa de manutenção preventiva.

Estabelecimento de um Departamento de Manutenção:

- organização desse departamento;
- criação e implantação de fichas, relatórios arquivos com pastas de máquinas, etc;
- treinamento do pessoal envolvido: mecânicos, eletricitas de manutenção e operadores de máquinas;
- planejamento de inspeções periódicas dos equipamentos por meio dos operadores de máquinas, lubrificadores que foram previamente treinados no programa de manutenção preventiva;
- coleta de dados sobre as máquinas mediante consulta de manuais, catálogos, consultas aos fabricantes e aos usuários etc. poderá ser organizado um programa de manutenção preventivo para as máquinas;
- previsão da emissão de relatórios que servirão para aumentar a nossa confiabilidade no sistema montado.

Análise de danos e defeitos

É importante apurar qual foi a causa da falha do equipamento e como tomar medidas para que no futuro não haja repetição. Dessa forma, podemos estabelecer ações preventivas que assegurem maior vida útil das peças e dos componentes dos equipamentos.

Custo de manutenção

Fazendo o levantamento dos custos de manutenção poderemos:

- Apropriar os gastos com materiais de reposição utilizados na empresa.
- Apropriar os gastos de mão-de-obra empregados na empresa.
- Utilizar o levantamento como instrumento gerencial que permita tomada de decisões sobre substituições e reformas de máquinas e equipamentos.

Observe o gráfico a seguir.

Gráfico 6 – Custo de manutenção



Fonte: Abramam

Engenharia de confiabilidade

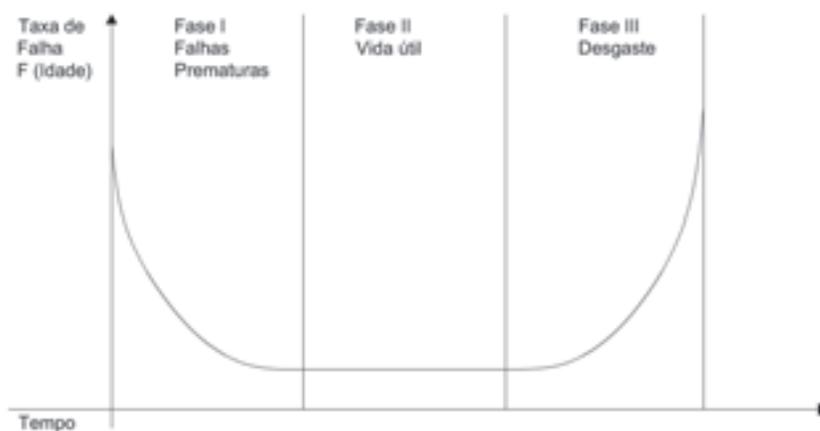
Confiabilidade é a probabilidade do equipamento, sistema ou planta desempenhar sua função por um período de tempo estabelecido e sob condições definidas.

Confiabilidade é uma expectativa de desempenho. Normalmente é definida no projeto do equipamento.

As máquinas são constituídas por peças justapostas. Por exemplo, em um redutor de 3 eixos com engrenagens helicoidais temos eixos, engrenagens, rolamentos. Quando ocorre uma pane, esse tipo de equipamento não se quebra por inteiro. Pode ter sido a quebra de um eixo, um rolamento ou de um ou mais dentes do conjunto de rodas.

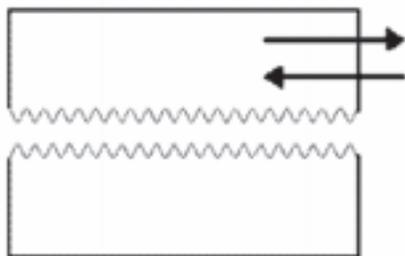
Analise o gráfico a seguir.

Gráfico 7 – Taxa de falhas X tempo



Sempre que colocamos em marcha um equipamento, o risco de quebra no início de funcionamento é bastante elevado. Se o equipamento não foi dimensionado adequadamente, para as condições de trabalho, algum dos seus componentes pode sofrer algum dano que venha ocasionar o colapso da máquina ou do equipamento. Se o equipamento não quebrar, ele irá entrar na fase de ajuste dos componentes, e passará por um período de amaciamento.

Durante o período de amaciamento, podemos notar no óleo lubrificante a presença de partículas metálicas componentes dos mancais, retentores, rolamentos, etc.

Figura 77 – Desgaste inicial/ amaciamento

As irregularidades são provocadas por sulcos ou marcas deixadas pela ferramenta que atuou sobre a superfície da peça. É fundamental o acabamento superficial onde houver desgaste, atrito, resistência à fadiga, de peças que trabalham com cargas cíclicas.



Fique ligado!

No Brasil, os conceitos de rugosidade superficial são definidos pela norma ABNT NBR 6405-1985. O acabamento superficial é medido através da rugosidade superficial, a qual é expressa em microns (mm ou μm).

Após o período de amaciamento, a máquina passa a funcionar na fase de vida útil. A vida útil do equipamento será maior quanto melhor forem suas condições de trabalho e manutenção.

Após um longo tempo de trabalho algum componente poderá entrar em colapso ocasionando a parada da mesma. Antes da parada, a máquina começa a apresentar sinais de problema. Esses sinais poderão ser:

- vazamentos de óleo;
- ruídos;
- vibrações;
- choques;
- diferenças dimensionais nas peças fabricadas;

- diminuição da capacidade de produção;
- acidentes.

Toda interrupção no processo de produção são *perdas*. Podemos definir perdas como atividades que geram custo e não adicionam valor ao produto. Exemplo de perdas:

- transporte de peças;
- quebras de máquinas;
- paradas por manutenção planejada;
- tempos de espera;
- superprodução.

É necessário estabelecer um plano de manutenção preventiva para os componentes, buscando antecipar a falha para que não ocorra paradas não programadas.



Atenção!

Em algumas empresas o ambiente é bastante agressivo, contaminado com partículas em suspensão que causam desgaste abrasivo em eixos, engrenagens, redutores, componentes elétricos. Outras empresas trabalham com presença de calor, temperaturas elevadas por desmoldagem de peças fundidas, por transporte de peças forjadas, causando um desgaste acelerado nos equipamentos. Há situações bastante críticas que combinam calor com ambientes contaminados.

Como afirmamos anteriormente as máquinas são constituídas por peças e quando a máquina quebra, ela geralmente não quebra por inteiro. A avaria ocorre em um de seus componentes como, por exemplo, rompimento de correias em V, quebra de eixos, quebra de rolamentos, trincas ou quebras nas estruturas de sustentação.

As inspeções, rotinas de verificações e consertos poderão aumentar a vida útil de todos os componentes da máquina.

Estruturas

Geralmente as estruturas são metálicas e soldadas em forma de treliças. Elas são submetidas a esforços combinados de tração, flexão, compressão, o que pode ocasionar defeitos.

Quando as estruturas estão expostas ao tempo podem sofrer processo de corrosão. Portanto, é importante a proteção superficial através da pintura.

Deve-se inspecionar a ancoragem nas bases, pois são estruturas sujeitas a vibração.

Verificar se houve quebra de parafusos chumbadores, corrosão, afrouxamento de porcas e arruelas.

Fazer ensaios com líquidos penetrantes nas soldas para detectar presença de trincas. O líquido penetrante é aplicado normalmente com lata de aerossol sobre a superfície a ser ensaiada, e então age por um tempo de penetração.

Figura 78 – Vista de uma trinca



Fique ligado!

O ensaio com líquido penetrante está baseado no fenômeno da capilaridade, que é o poder de penetração de um líquido em áreas extremamente pequenas devido a sua baixa tensão superficial. É considerado um ensaio não destrutivo e apresenta boa eficiência.

As trincas de fadiga iniciam, na grande maioria dos casos, na superfície do componente. Estas trincas podem ser nucleadas durante o serviço ou podem estar presentes no material usado em sua fabricação. Geralmente as trincas iniciam em imperfeições ou descontinuidades do material, ou seja, em locais onde haja concentrações de tensões.

Manutenção de elementos de máquinas

A manutenção das máquinas é essencial para o bom andamento da produção e como elas são formadas por elementos, fazer a manutenção desses elementos garante o funcionamento de todo o processo. Apresentamos a seguir, alguns desses elementos e diversas dicas para sua manutenção.

Correias em V

As correias são os conectores flexíveis de maior utilização na indústria.

Regras práticas para o bom funcionamento das correias em V:

- As polias em V devem acompanhar as dimensões indicadas na tabela de construção de polias.
- As polias, tanto a condutora (ligada ao motor) como a conduzida (ligada a máquina a ser acionada), devem estar perfeitamente alinhadas e os eixos devem ser paralelos.
- As correias devem ser montadas sem que seja necessário forçá-las (regular o esticador).
- Os canais das polias precisam estar livres de rebarbas, porosidade e defeitos de usinagem.
- A transmissão necessita estar protegida contra respingo de óleo lubrificante.
- Todas as correias do jogo precisam ser trocadas simultaneamente e enquadradas na tolerância estabelecida no jogo de correias.

Alguns defeitos típicos das correias em V:

- a correia se deteriora ou se torna pastosa;
- desgaste excessivo das laterais;

- ruptura nas laterais;
- deterioração da base da correia;
- distorção da correia;
- ruptura da correia;
- perda de potência na transmissão;
- deslizamento da correia na polia;
- quebra do eixo de acionamento ou da máquina conduzida;
- vibração excessiva na transmissão.

Manutenção de correias em V

Apresentamos, a seguir, conselhos práticos para a manutenção das correias em V.

- 2 a 3 dias depois de efetuar a troca de correias elas apresentam o seu maior esticamento. Verificar a tensão e efetuar seu esticamento.
- Caso as correias toquem o fundo da canaleta da polia, use o fundo da mesma. Se isso não alterar a rotação da máquina, revestir as polias com materiais resistentes ao desgaste.
- Não existe conserto para correia em V estragada.
- Nunca trabalhar com as correias sem o protetor.



Atenção!

Às vezes em um motor acionado por 4 correias, por exemplo, uma pode arrebentar. É comum o mecânico trocar somente a correia que arrebentou. Isto causa perda de eficiência do conjunto de acionamento.

Portanto, lembre-se que todas as correias do jogo devem ser trocadas simultaneamente.

Transmissão por correntes

Para obter uma longa vida e uma boa eficiência na transmissão por engrenagens tipo *Renold*, devem ser observadas as regras a seguir.

Regras práticas para o funcionamento da transmissão por correntes.

- O número de dentes mínimo do pinhão nas transmissões comuns deve ser de 19 nos passos médios e de 17 nos passos pequenos.
- O número máximo de dentes de qualquer das rodas não pode exceder a 150.
- O ângulo de abraçamento da roda motriz não deve ser menor do que 120° (graus)
- As rodas dentadas precisam ser alinhadas e seus eixos nivelados.
- O número de elos de correntes de rolos deve ser par.

Manutenção da corrente de rolos

Estabelecer um plano de manutenção preventiva nos conjuntos:

- verificando o alinhamento das rodas dentadas;
- verificando o desgaste das rodas dentadas por análise dimensional ou com uso de chapelonas;
- nunca usando correntes novas com rodas dentadas velhas, trocar todo o conjunto;
- não colocando elos novos de correntes em correntes gastas;
- trocando a posição da corrente nos dentes das rodas pois a mesma já fez cama;
- estabelecendo períodos de paradas para remover as correntes e limpá-las. Remova a sujeira com desengraxante e depois mergulhe-as em óleo e remova o excesso por meio de escorrimento;
- lubrificando a corrente com óleo. Evite o uso de graxa.

A seguir, apresentamos um quadro com os defeitos mais usuais nas transmissões por correntes.

Quadro 1 – Defeitos em operação

Defeito	Causa provável	Ação corretiva
Ruído	<ul style="list-style-type: none"> • Desgaste excessivo da corrente; • Desgaste excessivo da engrenagem; • Desalinhamento do conjunto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Trocar corrente; • Trocar engrenagem; • Alinhar o conjunto.
Superaquecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade excessiva; • Falta de lubrificação; • Excesso de lubrificação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir velocidade; • Providenciar lubrificação; • Diminuir nível de lubrificante.
Vibração corrente	<ul style="list-style-type: none"> • Folga corrente; • Desgaste desigual corrente ou engrenagem; • Carga pulsante 	<ul style="list-style-type: none"> • Trocar a corrente; • Providenciar o deslocamento da corrente na roda; • Colocar dispositivo de amortecimento de carga.
Pinos buchas e roletes quebrados	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosão; • Choque violentos; • Aplicação de cargas instantâneas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar ambiente, proteger contra oxidação; • Aumentar passo roda e corrente.
Corrente fica dura	<ul style="list-style-type: none"> • Enripamento; • Lubrificação deficiente; • Depósito nas articulações. 	<ul style="list-style-type: none"> • Remover a corrente lavar e lubrificar; • Corrigir lubrificação; • Proteger contra penetração material estranho.
Pinos caem	<ul style="list-style-type: none"> • Pinos mal montados; • Vibração; • Pinos batendo em obstruções. 	<ul style="list-style-type: none"> • Remontar pinos; • Reduzir vibração; • Remover obstruções.
Dentes rodas quebrados	<ul style="list-style-type: none"> • Choques; • Velocidades excessivas; • Partidas com cargas grandes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar choques; • Diminuir velocidade; • Arrancar ser carga

Danos nas engrenagens

Vamos analisar agora os defeitos que podem ocorrer nas engrenagens.

Segundo as especificações da AGMA (*American Gear Manufacturing*), dividimos as falhas de engrenagens em quatro grupos:

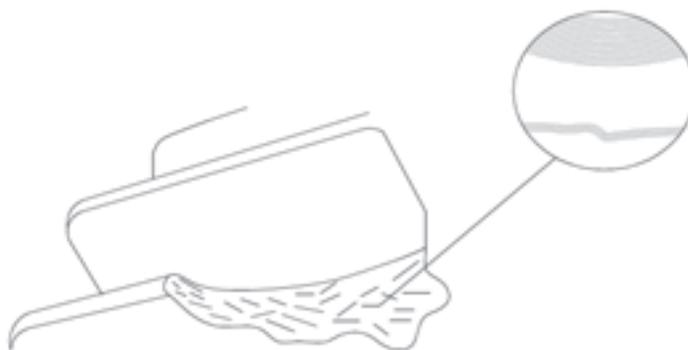
- quebra;
- desgaste;
- fadiga Superficial;
- escoamento plástico.

Destes, existem dois problemas que são fundamentais e que podem causar danos a uma engrenagem: *fratura por fadiga* causada pelas cargas alternadas e *desgaste na superfície*.

Quebra por fadiga do material

As engrenagens de dentes retos possuem dentes paralelos ao eixo de rotação e são usadas para transmitir movimento de um eixo a outro. A transmissão de potência se dá por contato em toda a superfície do dente (transmissão por choque). As engrenagens estão sujeitas a cargas cíclicas e sabe-se que um material sujeito a esforços cíclicos um dia irá falhar. Estas falhas recebem o nome de *falhas de fadiga*.

Figura 79 – Quebra dente da engrenagem



As trincas iniciam em imperfeições ou descontinuidades do material, ou seja, em locais onde haja concentrações de tensões.

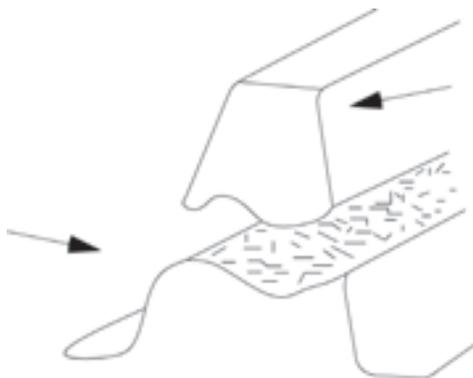
Existem três estágios básicos nesse processo: nucleação, propagação estável da trinca e fratura brusca devido à propagação instável da trinca.

Esse defeito começa geralmente com uma trinca do lado da carga, num ponto de concentração de tensões próximo à base do dente e termina com quebra total no sentido longitudinal ou diagonal, para cima.

Quebra por sobrecarga

Essas quebras são causadas geralmente por reversões de rotação e partidas bruscas sob carga. Podem ser causadas ainda por entrada de corpos estranhos no engrenamento ou por quedas de parafusos, arruelas e porcas que caem sobre o engrenamento.

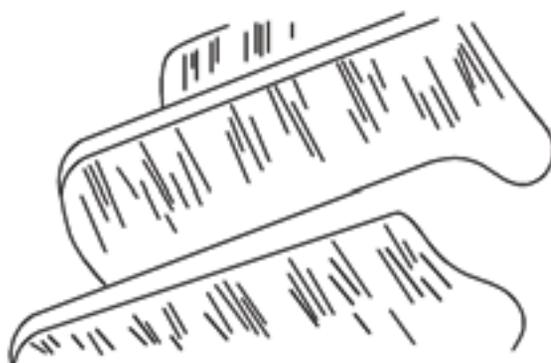
Figura 80 – Quebra de dente da engrenagem



Desgaste abrasivo

O desgaste abrasivo é provocado pela presença de impurezas ou corpos estranhos que se interpõem entre os dentes da engrenagem. As impurezas ou corpos estranhos podem estar localizados no fundo da caixa de engrenagens, ou no óleo usado nas engrenagens. Esse óleo pode estar contaminado com areia, carvão, o que provocará a abrasão nos dentes.

Figura 81 – Desgaste nos dentes



Desgaste por interferência

Este tipo de desgaste se dá por uma falha no engrenamento dos dentes e está relacionado ao número mínimo de dentes requeridos para a transmissão.

O desgaste por interferência ocorre quando a cabeça do dente da engrenagem tende a penetrar no flanco do dente do pinhão. Muitas vezes os dentes são corrigidos (mudança na geometria do dente) para eliminar a interferência.

Figura 82 – Desgaste por interferência



Fique ligado!

O desgaste por interferência é provocado por um contato inadequado, em que a carga total está concentrada sobre o flanco impulsor, e a ponta do dente da engrenagem impulsorada.

Eixos

Nos eixos aparecem dois tipos de danos: quebra e desgaste.

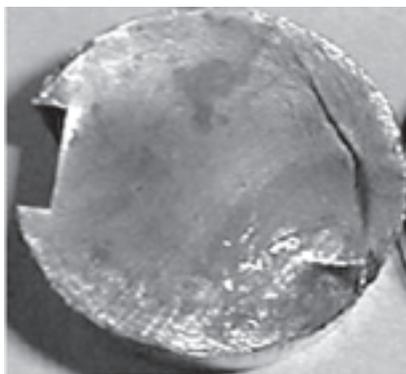
A causa da quebra se dá por sobrecarga ou fadiga.

- A quebra por sobrecarga ocorre quando o eixo está sendo solicitado acima da sua capacidade de transmissão de potência, superando a resistência do material utilizado na fabricação.

- A fadiga é a perda de resistência sofrida pelo material do eixo, devido às solicitações no decorrer do tempo.

Observe um exemplo de ruptura de eixo por fadiga.

Figura 83 – Ruptura por fadiga



O desgaste de um eixo é causado pelos seguintes fatores:

- engripamento do rolamento;
- óleo lubrificante contaminado;
- excesso de tensão na correia (no caso de uso de eixos-árvore acionados por correias);
- perda de dureza por superaquecimento;
- falta de lubrificante.

Agora vamos estudar um tópico muito importante para o bom funcionamento das máquinas e de seus elementos: a lubrificação.

Lubrificação

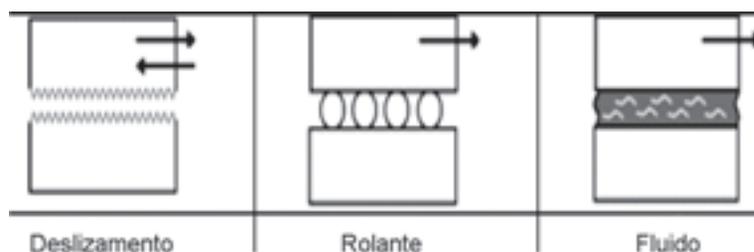
Qualquer tipo de movimento entre corpos sólidos, líquidos ou gases, dá origem ao atrito, força gerada em oposição a esse movimento. Assim sendo, o atrito é a resistência que se manifesta quando tentamos deslizar um corpo sobre outro.

Tipos de atrito

- deslizamento;
- rolante;
- fluido.

Veja, na ilustração, a representação desses 3 tipos de atrito.

Figura 84 –Tipos de atrito



O atrito produz calor, que entre outros inconvenientes, representa uma perda direta de energia. Portanto, é de grande importância reduzir o atrito para evitarmos o aquecimento, a perda de energia, bem como diminuir o ruído e o desgaste das peças, eliminando riscos de ruptura das mesmas.

Entre os três tipos de atritos, o menor é o atrito fluido. A lubrificação desse tipo de atrito consiste na interposição de uma substância fluida entre duas superfícies, evitando assim, o contato entre os dois sólidos, produzindo o atrito fluido.

Os lubrificantes reduzem grandemente o atrito por deslizamento, mas têm pouco efeito sobre o deslizamento propriamente dito, sendo sua principal função, evitar o desgaste das peças.

Lubrificante

Definimos como lubrificante qualquer material que, interposto entre duas superfícies atritantes, reduza o atrito.

A lubrificação pode ser classificada de acordo com a película lubrificante em: total plena ou fluida, limite ou restrita e mista.

Analise essa classificação no quadro a seguir.

Classificação da lubrificação	
Total	É aquela em que uma película de lubrificante impede o contato metálico entre as superfícies.
Limite ou restrita	É aquela em que uma película de lubrificante mais fina permite o contato metálico de vez em quando.
Mista	Ocorrem os dois casos anteriores. O contato metálico entre as superfícies ocorre principalmente na partida, parada e reversão dos movimentos, quando a película lubrificante torna-se insuficiente para evitar o contato.



Fique ligado!

Para que haja formação da película, o lubrificante deve apresentar adesividade, para aderir às superfícies e durante o movimento das mesmas, ser arrastado por elas; e coesividade, para que haja rompimento da película.

Funções dos lubrificantes

Os lubrificantes possuem diversas funções. Apresentamos no quadro a seguir algumas delas.

Função dos lubrificantes	
Controle do atrito	produzir atrito fluido, evitando o contato sólido que promove perda de energia.
Controle de desgaste	evitar o contato entre as superfícies, evitando o desgaste mútuo e a penetração de partículas sólidas entre elas, o que daria origem a erosão das superfícies.
Controle da temperatura	refrigerar, como acontece, por exemplo, nos motores Volkswagen e nas operações de corte.
Controle da corrosão	evitar que a ação de ácidos destrua os metais.
Servir como meio isolante	evitar a passagem de corrente elétrica.
Transmissor de força	funcionar como meio hidráulico, transmitindo força com um mínimo de perda, lubrificando as partes móveis e evitando a corrosão.
Amortecedor de choques	transferir energia mecânica para energia fluida e amortecer o choque de engrenagens devido a cargas elevadas.
Remover contaminantes	promover a lavagem, evitando a existência de partículas estranhas ao meio.
Servir como vedação	impedir saída de lubrificantes e a entrada de partículas estranhas (função específica das graxas).

Tipos de lubrificantes

Os lubrificantes podem ser classificados em gasosos, líquidos e sólidos.

Gasosos: é o caso de se utilizar o ar, gases comuns ou halogenados como lubrificantes. São pouco empregados devido à grande pressão necessária para mantê-los entre as superfícies e a vedação exigida.

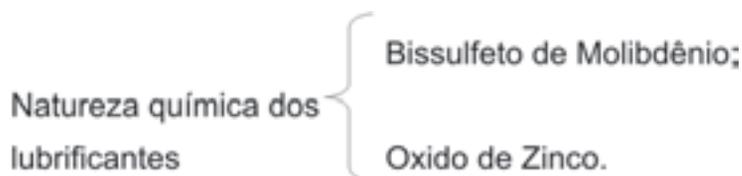
Os óleos do tipo líquidos podem ser subdivididos em:

- óleos minerais puros;
- óleos graxos;
- óleos compostos;
- óleos sintéticos;
- óleos aditivados.

Os óleos do tipo pastosos podem ser subdivididos em:

- graxa de sabão metálico;
- graxa à base de argila;
- graxa sintética;
- graxa betuminosa;
- graxa para processo.

São de origem mineral como: talco, mica, etc.



Os lubrificantes sólidos são ótimos para resistirem a elevadas temperaturas ou pressões. Geralmente são aplicados em suspensão, em um líquido que se evapora após a aplicação.



Fique ligado!

Os óleos de petróleo são universalmente reconhecidos como os mais eficazes, pois são de fácil suprimento, relativamente baratos, estáveis quimicamente e estão à disposição em sua vasta gama de viscosidades.

Seu ponto de ebulição é alto, permanecem fluidos a temperaturas abaixo de -40°C e, além disso, praticamente inertes, não atacando os metais, protegendo-os ainda contra a ferrugem.

Características dos óleos lubrificantes

É muito importante conhecer as características dos óleos lubrificantes para que possamos escolher o mais adequado para cada situação. Estude-as no quadro a seguir.

Característica dos óleos lubrificantes	
Densidade	é a relação entre o peso de dado volume de um produto medido a uma determinada temperatura e o peso de igual volume de padrão (água), medido a uma outra temperatura.
Ponto de fulgor	é a temperatura em que o óleo, quando aquecido em aparelho adequado, desprende os primeiros vapores que se inflamam em contato com uma chama. Sob o ponto de vista da segurança, esta característica nos permite saber a temperatura máxima com que os produtos podem ser estocados e manuseados.
Ponto de combustão	é a temperatura na qual o óleo, aquecido no mesmo aparelho para a determinação do ponto de fulgor, continuará uma vez inflamado, a queimar por mais 5 segundos.
Ponto de fluidez	é a temperatura em que o óleo, submetido a um processo de resfriamento, deixa de escoar livremente. Esta característica tem grande importância no caso especial dos lubrificantes utilizados em compressores frigoríficos.
Viscosidade	é a medida da resistência ao escoamento, apresentada por um óleo. De todas as características físicas, é a viscosidade a que apresenta maior interesse em relação à propriedade lubrificante dos óleos.
Número de neutralização	determina a acidez ou alcalinidade de um produto

Lubrificação / métodos

Os problemas relativos à lubrificação de máquinas e equipamentos são inúmeros. Cada tipo particular de condição de movimento e de atrito entre as partes metálicas exige um determinado tipo de produto. Os óleos mais utilizados no setor industrial não podem deixar de usar aditivos fundamentais para o seu desempenho e para a proteção da máquina.

De modo quase universal, os lubrificantes industriais obedecem a regras fundamentais de composição. Assim, os óleos utilizados em:

- sistemas hidráulicos são combinados com anticorrosivos, antiespumantes e antiferruginosos.
- caixas de engrenagens sempre devem ser combinados com aditivos anti desgastes, anti ferrugem.
- engrenagens abertas devem ser asfálticos.



Fique ligado!

Lubrificantes para uso em que o gotejamento é indesejável devem ser os adesivos.

Graxas

As graxas lubrificantes são consideradas como produtos sólidos ou semifluidos provenientes da dispersão de um agente empossador em um líquido lubrificante. A consistência das graxas pode, então, variar desde o estado sólido até o semi-sólido e se apresenta como uma mistura de produtos petrolíferos com sabões metálicos. As graxas podem ser classificadas quanto a textura em amanteigadas e fibrosas.

A contextura é determinada pela sua aparência.

Graxas de contexturas amanteigadas: são macias e oferecem pouca resistência ao torque, por isso são indicadas para lubrificar rolamentos de alta velocidade.

de e prestam-se para lubrificar pontos distantes através de tubulações, pois são altamente bombeáveis.

Graxas de Contexturas fibrosas: resistem a serem desalojadas. Produzem fibras longas e têm grande emprego na lubrificação geral de chassis de carros, sujeitos às vibrações nas piores estradas.

Estes produtos fazem uma boa retenção, evitam vazamentos, não exigem aplicações freqüentes e eliminam contaminações. O desempenho de uma graxa depende do sabão que a compõe, do método de fabricação, dos aditivos e do líquido lubrificante utilizado.



Fique ligado!

A aplicação das graxas se faz pelo “ponto de gota”, uma medida de consistência e dureza relacionadas com a viscosidade do produto.

A função do sabão é assegurar o armazenamento do lubrificante e a aderência à superfície lubrificada, oferecendo, simultaneamente proteção contra poeiras, abrasivos e umidade. São lubrificadas normalmente por graxa, peças expostas ou junções onde a vedação contra escapamento do lubrificante e penetração de contaminantes é mais difícil. São elas:

- juntas universais;
- bombas d'água;
- ponteiras de direção;
- jumelos;
- pinos de suspensão;
- engrenagens expostas;
- pontas de eixos;
- rolamentos com lubrificação permanente;
- alguns mancais.

Observe no Quadro 2 as características de alguns tipos de graxas.

Quadro 2 – Tipos de graxa

Tipo de Graxa	Ponto de Gota	Aplicações
Graxa c/ sabões de cálcio	70°C	Resistente a água. Usado a baixa temperatura e baixa pressão
Graxa de sódio	120°C	Ótimo isolante para a oxidação
Graxa de alumínio	70°C	Proteção externa de equipamentos
Graxa de Lítio	180°C	Supera bem o calor. Boas características de bombeamento



Fique ligado!

A graxa à base de lítio é o único produto semi-sólido que atende à maioria dos requisitos de uma boa lubrificação.

Prosseguindo no estudo, vamos analisar a questão dos aditivos.

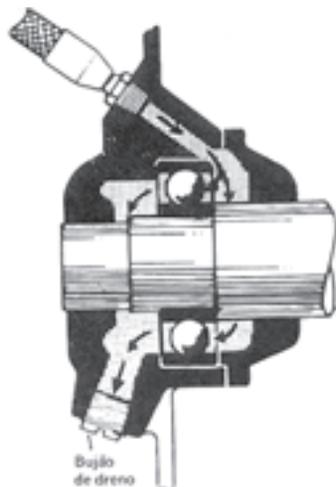
Aditivos

Para que o lubrificante se enquadre nas exigências de serviço, existem vários aditivos que podem ser benéficos para uma determinada aplicação e prejudiciais para outras. Os aditivos são incorporados aos lubrificantes por diversos propósitos e participam em grande parte da melhoria dos lubrificantes, os quais, no estado natural, não possuem certas características que lhes emprestam os aditivos.

A seleção de um aditivo não é um processo simples, uma vez que a ação física e química do mesmo é obscurecida pela natureza complexa do lubrificante.

Lubrificação de mancais de rolamento

Figura 85 – Lubrificação com graxa



A lubrificação dos rolamentos pode ser feita com graxa ou óleo dependendo da aplicação. Como regra geral, a caixa deve ser cheia apenas até um terço ou metade de seu espaço livre com uma graxa de boa qualidade. Devemos tomar cuidado com a contaminação da graxa que poderá causar dano à pista de rolamento. Os itens a serem verificados durante a operação de um mancal de rolamento incluem:

- ruído anormal;
- aumento excessivo de temperatura;
- vazamentos na caixa de mancal;
- descoloração do lubrificante.

Citamos como causas da elevação de temperatura:

- excesso de lubrificante;
- pequena folga interna do rolamento;
- montagem mal feita;
- atrito excessivo do anel de vedação;
- rotações muito altas;
- sistema de lubrificação inadequado.

Observe na figura a seguir, o dano provocado pela contaminação do lubrificante.

Figura 86 – Dano causado por contaminação lubrificante

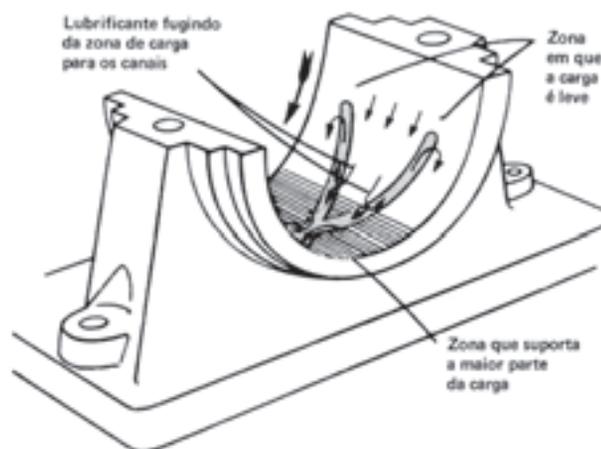


Lubrificação de mancais de deslizamento

Os mancais de deslizamento podem ser lubrificados com óleo ou com graxa. Depende da rotação, da carga leve ou pesada do ambiente.

Observe a ação do lubrificante no exemplo a seguir.

Figura 87 – Mancais de deslizamento



Lubrificação em engrenagens

A melhor maneira para se lubrificar as engrenagens é colocá-las em caixas, de modo que elas fiquem parcialmente submergidas. A rotação da engrenagem leva o lubrificante para regiões que não estão submergidas, produzindo o que chamamos de *lubrificação por salpico*. O óleo deve ser limpo, livre de contaminações, e ser trocado periodicamente. Conjuntos de engrenagens abertas, isto é, que ficam em caixas, devem ser sempre lubrificadas usando graxa. Esse tipo de lubrificação é recomendada somente para velocidades e cargas baixas.

Segurança nos trabalhos de manutenção

Na manutenção normalmente ocorrem muitos acidentes, há riscos de incêndios, trabalhos em alturas, trabalhos de manutenção de equipamentos em espaços confinados e em ambientes explosivos.



Atenção!

Uma das formas de apagar o fogo no seu início é com o uso de extintores de incêndios. Devemos conhecer suas características, como deve ser aplicado e para que tipo de incêndio. Por exemplo, em incêndios elétricos jamais utilizar extintores com água.

Classes de incêndio

Classe	Combustível	Método de extinção	Exemplo
Classe A	Fogo em combustíveis comuns que deixam resíduos	O resfriamento é o melhor método de extinção	Fogo em papel, madeira, tecidos, etc
Classe B	Fogo em líquidos inflamáveis	O abafamento é o melhor método de extinção	Fogo em gasolina, óleo e querosene, etc
Classe C	Fogo em equipamentos elétricos energizados	O agente extintor ideal é o pó químico e o gás carbônico	Fogo em motores transformadores, geradores, etc
Classe D	Fogo em metais combustíveis	O agente extintor ideal é o pó químico especial.	Fogo em zinco, alumínio, magnésio, etc

Tipos de extintores

Vamos agora estudar alguns tipos de extintores.

Extintor de pó químico seco

O agente extintor pode ser o bicarbonato de sódio ou de potássio que recebem um tratamento para torná-los em absorvente de umidade. O agente propulsor pode ser o gás carbônico ou nitrogênio. O agente extintor forma uma nuvem de pó sobre a chama que visa à exclusão do oxigênio; posteriormente são acrescentados à nuvem, gás carbônico e o vapor d'água devido à queima do pó.

Figura 88 – Extintor pó químico seco



Os extintores de pó químico seco podem ser usados nas classes de incêndios, B, C, e D mas não devem ser usados em centrais telefônicas ou computadores, porque deixam resíduos. Como não tem boa atuação nos incêndios da classe A, é preciso completar a extinção jogando água.

Extintor de gás carbônico (CO₂)

O gás carbônico é material não condutor de energia elétrica. Ele atua sobre o fogo quando o elemento eletricidade está presente. Ao acionar o extintor, o gás é liberado formando uma nuvem que abafa o fogo. Esse tipo de extintor é empregado para extinguir pequenos focos de fogo em líquidos inflamáveis (classe B) e em pequenos equipamentos energizados (classe C).

Figura 89 – Extintor de CO₂



Extintor de água pressurizada: pressão permanente

Extintor de água pressurizada

Combate princípios de incêndios de classe A e extingue o fogo por resfriamento. Não deve ser usado em aparelhos elétricos energizados.

Esse tipo de extintor não é provido de cilindro de gás propelente. A água permanece sob pressão dentro do aparelho. Para funcionar, necessita apenas da abertura do registro de passagem do líquido extintor.

Figura 90 – Extintor de água pressurizada



Extintor de água pressurizada: pressão injetada

Na parte externa do aparelho está fixado um pequeno cilindro contendo o gás propelente, cuja a válvula deve ser aberta no ato da utilização do extintor, a fim de pressurizar o ambiente interno do cilindro permitindo o seu funcionamento. O elemento extintor é a água, que atua através do resfriamento da área do material em combustão. O agente propulsor (propelente) é o gás carbônico (CO₂).

Figura 91 – Extintor de água pressurizada pressão injetada



Prosseguindo nosso estudo sobre segurança, vamos analisar a questão dos trabalhos realizados em locais altos.

Trabalhos em alturas

As estruturas de transporte por correias sem fim podem apresentar riscos para os operadores, pois muitos sistemas de descarga ou de carregamento se encontram em locais elevados.



Atenção!

Trabalhos em altura só devem ser executados utilizando-se cintos de segurança do tipo paraquedista, que tenham três pontos de fixação, na altura da cintura, um frontal e dois laterais. Estes pontos destinam-se à fixação de talabartes preferivelmente reguláveis, para que se possa eliminar todas as folgas indesejáveis.

Em alguns sistemas o descarregamento da esteira transportadora é manual e o operador fica posicionado sobre a esteira selecionando peças. Isso envolve dois riscos: o operador fica tonto pelo movimento da esteira e cai sobre a mesma; e o operador é exposto a produtos aquecidos, contaminados, etc.

Os transportadores contínuos elevados devem ser dotados de dispositivos de proteção, principalmente quando houver risco de queda ou lançamento de materiais de forma não controlada.



Fique ligado!

Trabalhos em alturas são considerados aqueles em que o operário está acima de dois metros de altura.

Eficientização

A seguir apresentamos algumas medidas de efficientização em acionamentos que visam diminuir as perdas energéticas durante o processo de produção, assim como aumentar a vida útil dos equipamentos.

- Verificar o alinhamento de polias.
- Evitar o deslizamento com o diâmetro mínimo de polias.
- Evitar o rebobinamento de motores antigos (vida útil : 10 anos).
- Controlar a temperatura ambiente.
- Evitar variações de tensão ou voltagem (redução de potência).
- Evitar partidas com cargas.
- Executar balanceamento de polias (para evitar vibrações).
- Verificar os ruídos e as vibrações, eliminando-os imediatamente (folga nos mancais).

- Lubrificar, periodicamente, os mancais.
- Efetuar, periodicamente, manutenção preventiva e corretiva.
- Evitar ligar ao mesmo tempo motores de grande potência.
- Utilizar motores de alto rendimento energético.
- Dimensionar corretamente as potências de motores.
- Equilibrar as correntes elétricas nas três fases.
- Evitar motores trabalhando em vazio.
- Instalar sistema de proteção adequado.

Voltando ao desafio

O desafio que foi apresentado no início do capítulo, embora tenha lhe trazido um complicador a mais no seu trabalho, dá a você uma boa oportunidade para entender as atividades relacionadas aos trabalhos do setor de manutenção. Em primeiro lugar programe uma reunião com as pessoas envolvidas nas atividades de manutenção, mecânicos e eletricitas e conheça-os. Verifique qual é a abordagem de manutenção, se é corretiva ou preventiva. A partir dessa análise da situação, trace suas metas, faça um planejamento das atividades que a manutenção deverá executar, verifique o carregamento e o número de mecânicos e eletricitas disponíveis. Confira se há tempo de espera entre um atendimento e outro, se é longo ou breve. Verifique o intervalo de tempo entre uma intervenção na máquina e a ocorrência de defeitos na mesma máquina. Liste os principais defeitos. A partir disso, você poderá planejar e executar melhor as atividades de manutenção.

Resumindo

Neste capítulo descrevemos as atividades gerenciais e técnicas da manutenção. Explicamos como são classificadas as abordagens feitas pela manutenção em corretiva, preventiva e preditiva. Fizemos as diferenciações entre as formas na perspectiva dos custos e do nível de eficiência. Descrevemos dentro da boa técnica atividades técnicas da manutenção em correias, engrenagens, transmissão por rolos, etc.

Agora você se sente preparado para supervisionar o setor de manutenção de sua empresa?

Aprenda mais

Uma das melhores formas de aprender mais sobre o assunto é visitar o setor de manutenção de uma empresa. Acompanhar por um ou dois dias as atividades executadas nos equipamentos e instalações. Verificar o estado geral dos equipamentos em sua empresa. Converse com os operadores, pois eles conhecem muito a respeito dos equipamentos que operam.



Capítulo 6

MEDIDAS PARA A MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO E VIDA ÚTIL DOS ACOPLAMENTOS

Iniciando nossa conversa

Neste último capítulo apresentamos algumas medidas a serem observadas que podem incrementar o rendimento e/ou vida útil dos acoplamentos (alinhamento; amortecimento; variação de velocidade; e variação do torque).

A tabela a seguir mostra os rendimentos médios para plena e meia velocidade de um motor de 350 kW, 175 rpm acionando um ventilador. Observa-se que a simples substituição do acoplamento poderá aumentar muito a eficiência do equipamento.

Tabela 8 – Rendimentos típicos de diversos tipos de acoplamentos

Tipo de Acoplamento	Faixa de velocidade ou de vazão	Rendimento médio	
		100% da velocidade	50% da velocidade
Correias planas sincronizadas	20 – 100%	0,98	0,97
Correias planas comuns	20 – 100%	0,96	0,95
Correias em V, perfis normais	20 – 100%	0,94	0,93
Caixa de engrenagens em banho de óleo	20 – 100%	0,93 – 0,97	0,90 – 0,95
Acoplamento hidráulico	20 – 98%	0,93 – 0,97	0,65 – 0,67
Variadores de velocidade, retificadores/inversores	20 – 150%	0,90	0,78
Acoplamento de correntes parasitas	10 – 97%	0,90	0,44
Guias reguláveis na entrada	0 – 100%	0,88	0,67
Danpers na entrada	0 – 100%	0,86	0,63
Danpers na saída	0 – 100%	0,86	0,36
Válvulas de controle	0 – 100%	0,84	0,36



Fique ligado!

- Verifique o alinhamento dos eixos, pois o desalinhamento causa desgaste e diminui a vida útil e influencia na diminuição da eficiência de transmissão do conjunto acoplamento x componente;
- Averigüe a lubrificação, pois além da redução do atrito, a refrigeração propiciada pela lubrificação permite que as peças que compõem o acoplamento trabalhem mais livres, contribuindo com a diminuição do consumo de energia elétrica;
- Examine os valores estabelecidos em projeto para os redutores, caixas de engrenagem, corrente de transmissão e correias plana e em “V” e compare com os valores de operação praticados;
- Ajuste as correias de acionamento, troque-as quando desgastadas. No caso de polias com múltiplas correias, quando ocorrer o rompimento de uma, substitua todas;
- Verifique se o redutor foi bem planejado e se está instalado de maneira adequada;
- Analise o rendimento do redutor utilizado, por exemplo, se possuir um redutor de coroa e sem-fim substitua por um redutor de eixos paralelos com redução dupla;
- Observe o tensionamento das correias, evite que as correias estejam excessivamente ou pouco tensionadas;
- Lembre-se que cada tipo de correia está associada a um tipo de polia;
- Utilize correias dentadas, em “V” ou sincronizadas, pois patinam menos que as planas;
- Evite a sobrecarga e o excesso de velocidade, pois pode ocorrer o superaquecimento;
- Observe a coloração das correntes, pois a coloração marrom indica a ocorrência de superaquecimento;
- Verifique a possibilidade do uso de sistemas com variação de velocidade, evitando o uso de sistemas que utilizem válvulas redutoras de pressão e/ou desvios do tipo “by pass” para adequar a vazão;
- Elabore um programa de manutenção preventiva, preditiva e de lubrificação.

Referências

- CASILLAS, A. L. **Máquinas**. 19. ed. São Paulo: Editora Mestre Jou, 1961. 634 p.
- COTRIM, Ademaro. **Instalações elétricas**. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 678 p.
- DRAPINSK, J. **Manual de manutenção mecânica básica**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil Ltda, 1975. 239 p. 1 v.
- DRAPINSK, J. **Hidráulica e pneumática industrial e móvel**. São Paulo: McGraw – Hill do Brasil Ltda, 1977. 287 p. 1 v.
- FAIRES, Virgil Moring. **Elementos orgânicos de máquinas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S. A, 1973. 651 p.
- FILHO, Marco Stipkovic. **Engrenagens**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S.A., 1983. 163 p.
- MARQUES, M.; HADDAD, J.; MARTINS, A.R.S. (Coord.). **Conservação de energia**. Itajubá: Editora da EFEI, 2001. 467 p. 1 v.
- NOGUEIRA, Fábio José Horta. **Acoplamento motor carga**. Rio de Janeiro: Ele- trobrás/PROCEL, 2004.
- NORTON, Roberto L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 934 p.
- PROCEL INDÚSTRIA. **Dicas para eficiência energética na indústria: sis- temas motrizes**. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/ELB/main>>.

asp?TeamID=%7BB937C998-DA6B-4132-9E4D-966E4D780A5E%7D>. Acesso em: 16 abr. 2008.

PROVENZA, F. **Prontuário do projetista de máquinas**. 4. ed. São Paulo: Escola pro-tec, 1970. 322 p.

SHINGLEY, Joseph E. **Projeto de engenharia mecânica**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 960 p.

Normas técnicas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão: procedimentos. São Paulo, 1997.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Instalações e serviços em eletricidade** - NR 10. São Paulo, 2006.

Catálogos da Metalúrgica Oliven

Catálogos de Rolamentos SKF

Catálogo de redutores SEW

Catálogo de acoplamentos Acoplatec

Catálogo de motores WEG

Catálogo de Inversores de Frequência WEG

Catálogo de Soft-starter WEG

Catálogo das Máquinas Condor

Catálogos da Móbil Oil do Brasil Fundamentos da Lubrificação

Catálogo de Raspadores Martin Engineering

Catálogo de acoplamentos elásticos Flender

Catálogo de acoplamentos hidráulicos da Pana American



Ministério de
Minas e Energia

