

MANUTENÇÃO DE REDUTORES DE VELOCIDADE INDUSTRIAIS



2020

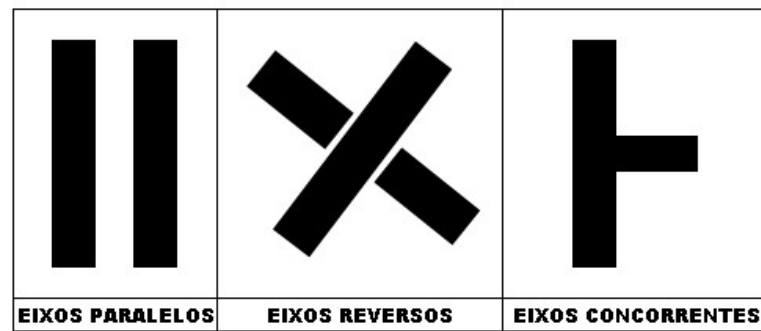
A aplicação de transmissões mecânicas exige:

- A) Conhecimento das exigências e condições de funcionamento**
- B) Familiaridade com as características e formas construtivas das transmissões**
- C) Dados suficientes para efetuar a pré-seleção das transmissões mecânicas, em função da potência a transmitir**



TRANSMISSÃO POR ENGRENAGENS

Tipo mais usual de transmissão, entre eixos paralelos, reversos ou concorrentes



- ✓ **Transmissão sem deslizamento,**
- ✓ **Segurança de funcionamento,**
- ✓ **Longa vida,**
- ✓ **Resistência a sobrecargas,**
- ✓ **Dimensões reduzidas, e**
- ✓ **Em geral, com alto rendimento.**

Custo elevado e necessitam de acoplamentos elásticos para absorver choques



ENGRENAGENS CILÍNDRICAS

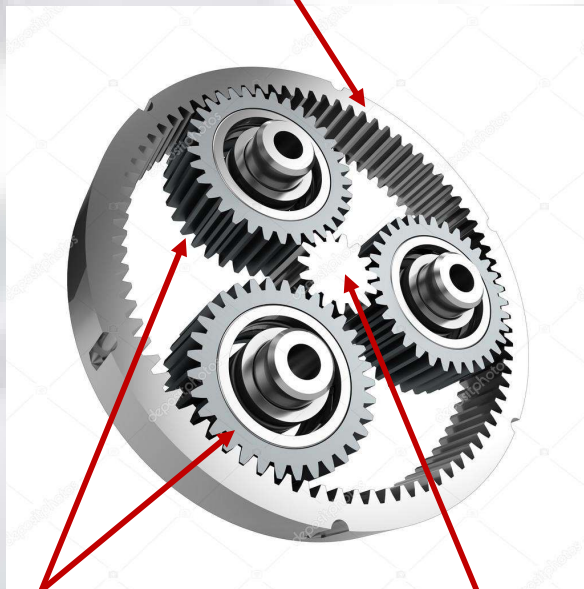
- Redução por estágio até 8
- **Potências até 50.000 CV**
- Rotações até 100.000 rpm
- **Velocidade tangencial até 250 m/s**
- **Rendimento entre 96 e 99 %**



REDUTOR PLANETÁRIO OU EPICICLOIDAL

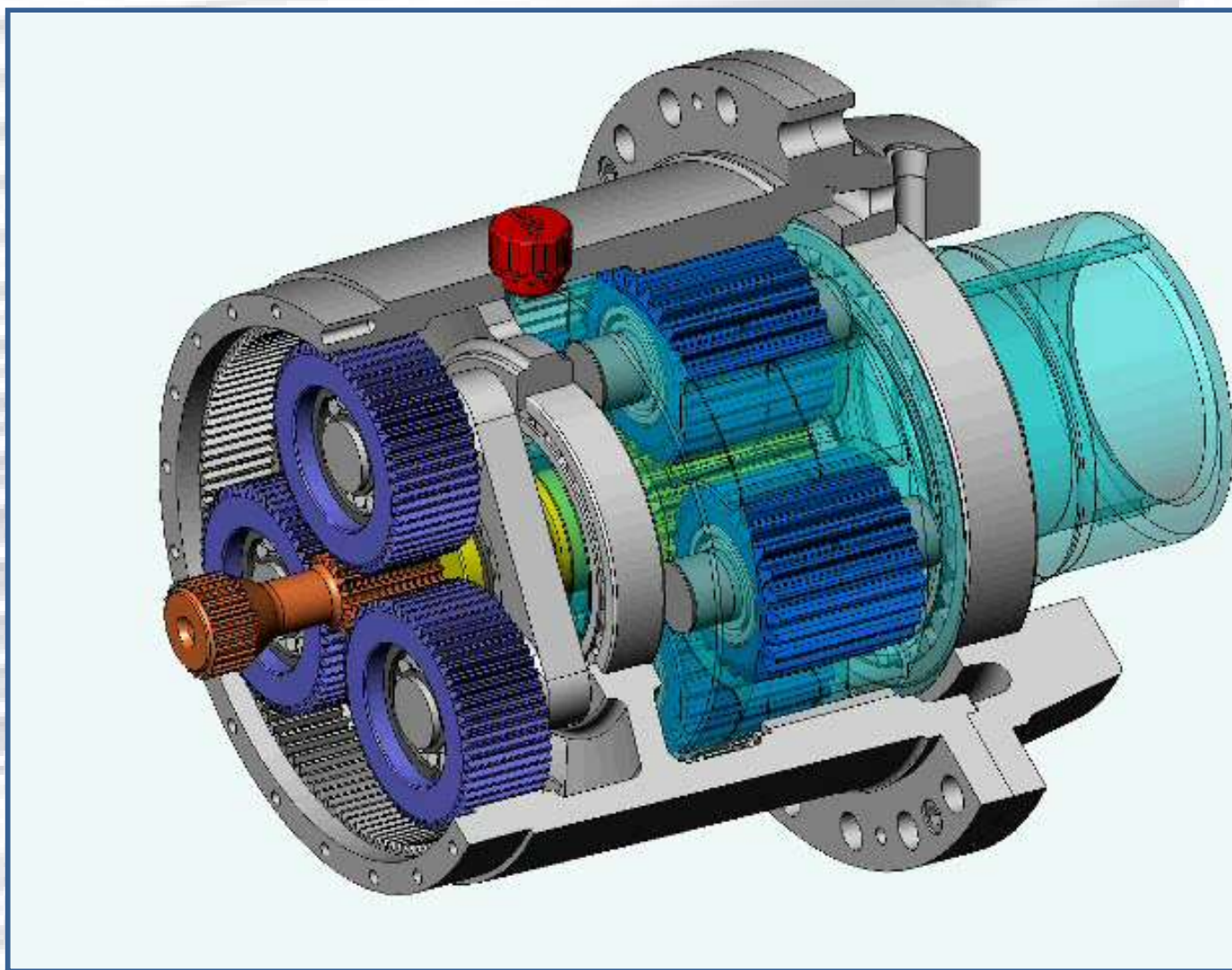
Várias engrenagens retas distribuídas uniformemente em volta de um pinhão central, e encaixadas em uma engrenagem com dentes internos, rodam em uma “órbita” (em analogia aos planetas no sistema solar) concêntrica. dos planetas no sistema solar.

Engrenagem Interna



Engrenagens Planetárias

Engrenagem Sol



ENGRENAGENS CÔNICAS



- Empregadas para eixos concorrentes
- **Reduções até 6**
- **Custo superior ao das engrenagens cilíndricas**
- **Para altas potências são fabricadas com dentes curvos, temperadas e caseadas ou retificadas**



Cônica reta



Cônica helicoidal



Cônica hipóide

ROSCA SEM FIM

- **Empregadas para eixos reversos**
- **Rendimento entre 97% e 45%**
- **Para grandes reduções, mais econômicas apesar do baixo rendimento**
- **Para rendimento inferior a 60%, apresenta características de auto-frenagem**
- **Redução por estágio até 100**
- **Silenciosas**



Corôa globoidal



Rosca globoidal



Corôa e rosca globoidal



Espiróide

Cuidados que devem ser tomados com os redutores industriais

Apesar de parecerem caixas relativamente “brutas”, robustas, os redutores de velocidade industriais devem ser tratados como as máquinas em geral

Isto significa que devem ser observados:

- Estado geral de limpeza do equipamento
- Regularidade na troca do lubrificante
- Obedecer os períodos de troca de rolamentos
- Verificar vazamentos, troca de retentores e completar o nível de óleo
- Avaliar visualmente o estado das engrenagens



OS DEFEITOS MAIS COMUNS QUE OCORREM COM AS ENGRENAGENS

Sempre haverá um desgaste das superfícies metálicas que tem contato entre si, apesar da presença do óleo lubrificante

No início de operação de um par de engrenagens novo, pequenas imperfeições serão eliminadas, e a superfície de engrenamento ficará polida

Isto acontecerá se as condições de:

desenho	material	fabricação	aplicação
instalação	operação		lubrificação

tiverem sido respeitadas

Sob condições normais de operação, o desgaste será desprezível e considerado normal

Sob condições menos favoráveis, poderá ocorrer a deterioração da superfície do dente da engrenagem, podendo levar até a quebra

A ANÁLISE E CONHECIMENTO DAS FALHAS

O aparecimento de algumas falhas não constitui uma falha em si, podendo ser o resultado de um processo de degeneração

É comum que seja feita uma análise periódica com fotografias ou impressão em papel, para determinar se as condições observadas são progressivas ou não

Dois ou mais tipos de falhas podem ocorrer simultaneamente, ou a falha poderá ocorrer em função da ação contínua ou progressiva de outra falha

Nesses casos, a falha final poderá ser completamente diferente daquela que a precedeu, levando a conclusões errôneas sobre a correta solução a adotar

O grande segredo na avaliação dos defeitos nas engrenagens está na capacidade do analisador:

- de saber distinguir causas e efeitos,
- na avaliação do grau de progressão de uma condição observada; e,
- saber determinar o “remédio” a utilizar

OS TIPOS DE FALHAS



DESGASTE NORMAL OU POLIMENTO



DESGASTE MODERADO

Presença de pequeno degrau na lateral do dente



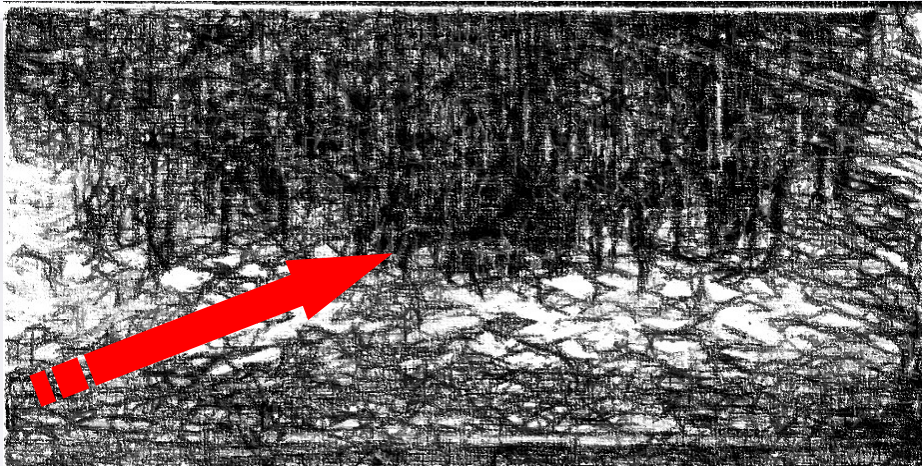
DESGASTE ABRASIVO

Originado pela presença de contaminantes no óleo



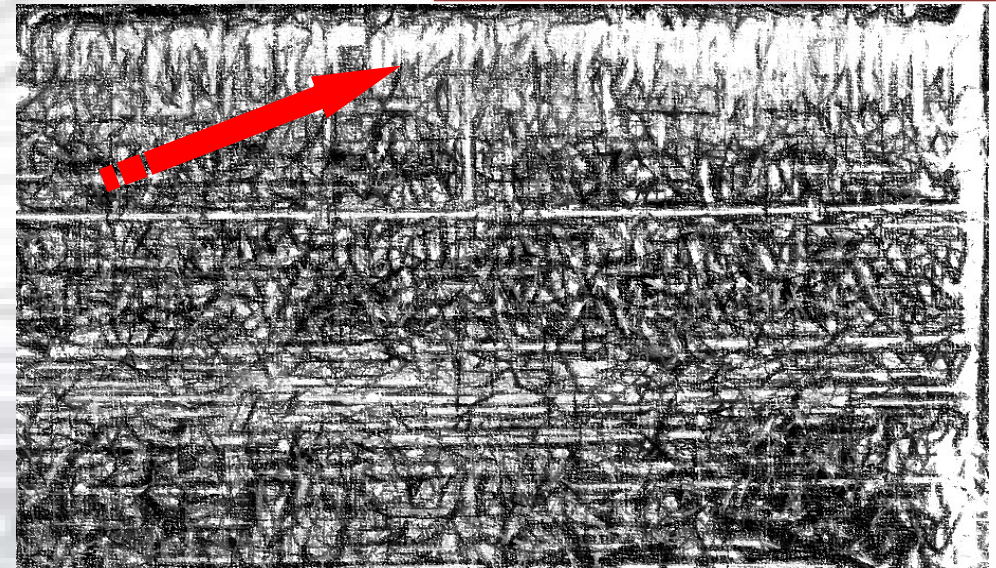
ARRANHAMENTO

Originado pela passagem de elemento estranho no engrenamento



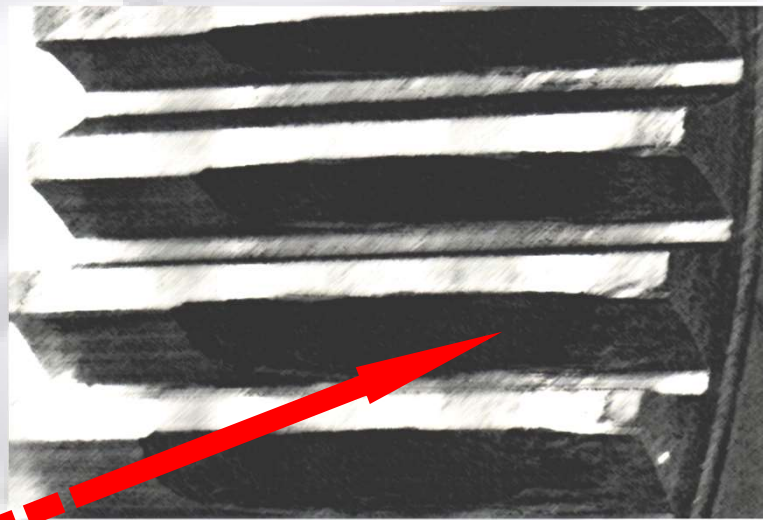
VINCO

Originado pelo contato dos dentes devido a viscosidade do óleo



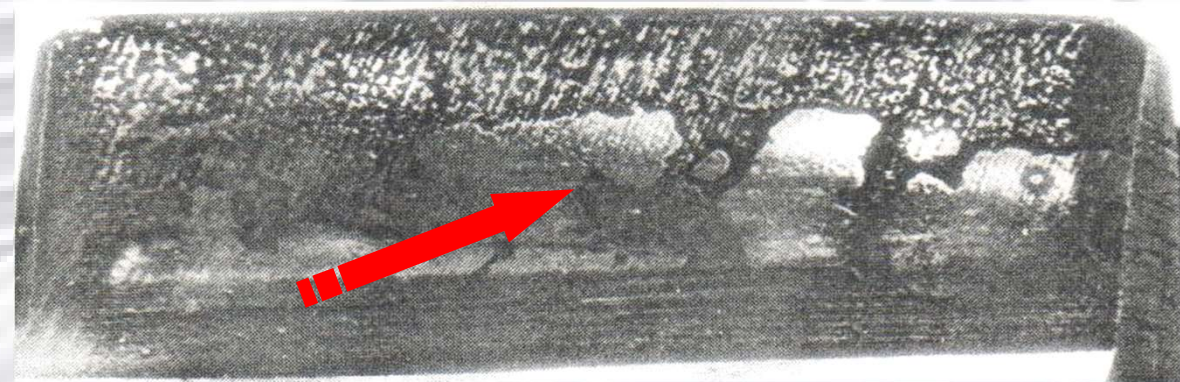
DESGASTE POR INTERFERÊNCIA

Originado pelo contato da cabeça do dente de uma roda com o fundo do dente da outra roda



DESGASTE CORROSIVO

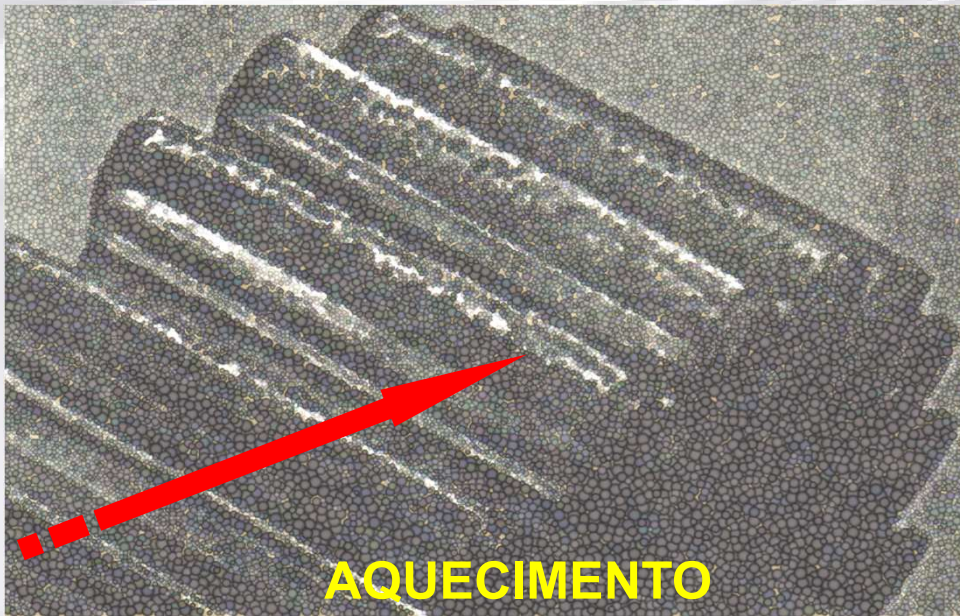
Originado pela presença de produto químico corrosivo misturado ao óleo lubrificante



DESFOLHAMENTO

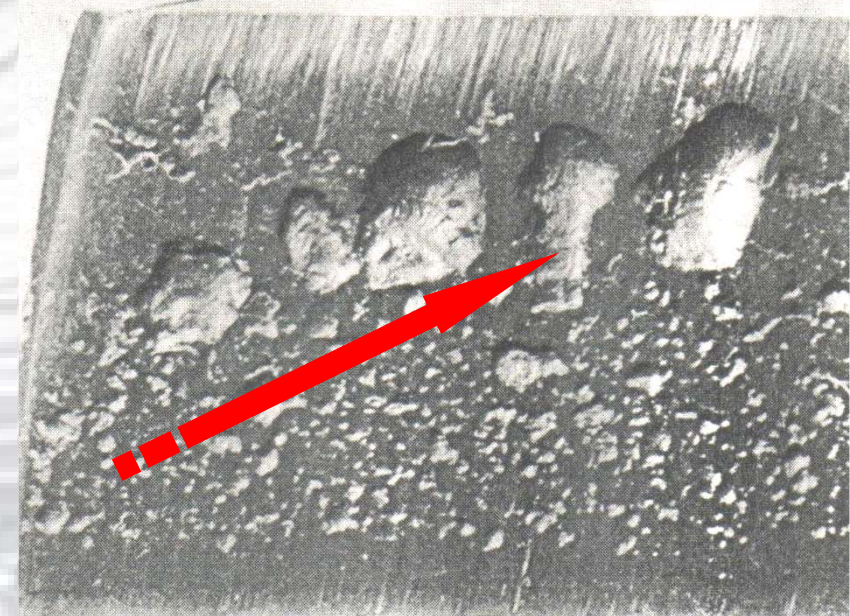
Perda de pequenas lâminas de metal, devido a tratamento térmico incorreto

OS TIPOS DE FALHAS



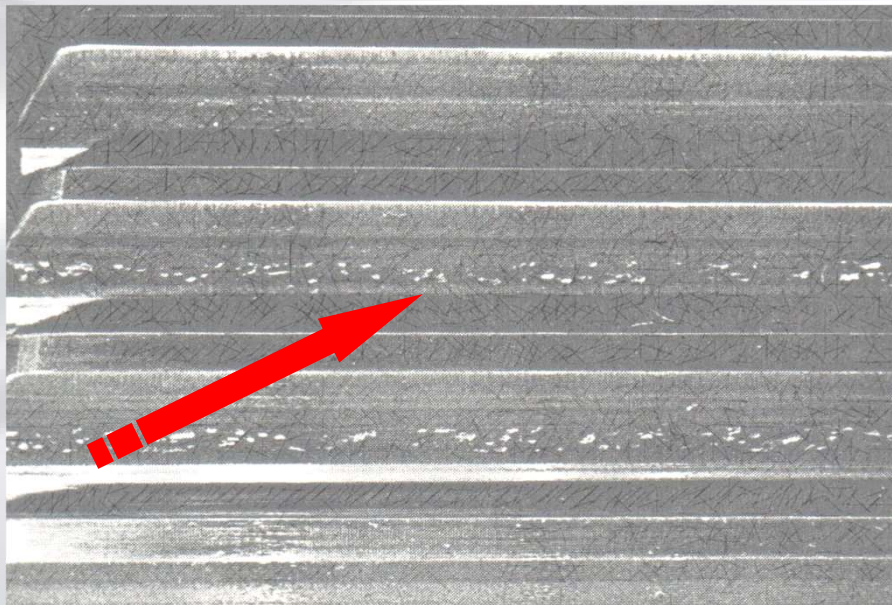
AQUECIMENTO

Deformação originada por superaquecimento das rodas



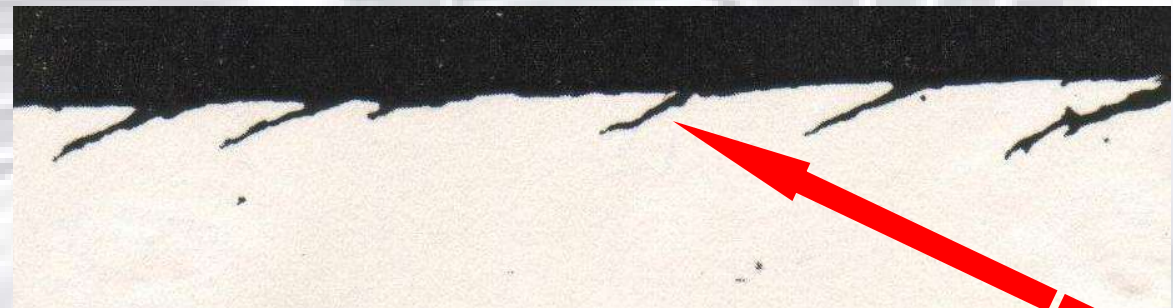
PITTING DESTRUTIVO

Surge nos casos onde o pitting inicial progride, e as pequenas cavidades de juntam, formando grandes cavidades



PITTING OU CAVITAÇÃO INICIAL

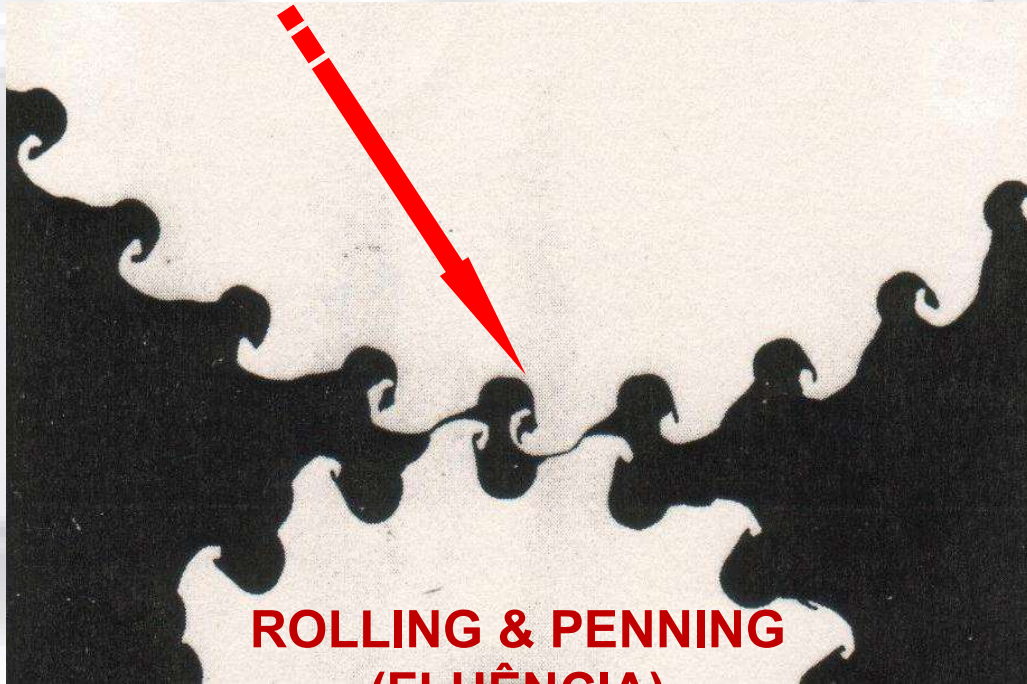
Originado pela concentração de carga durante o período de amaciamento das engrenagens. Pode aparecer e não progredir mais



DESPRENDIMENTO DE MATERIAL

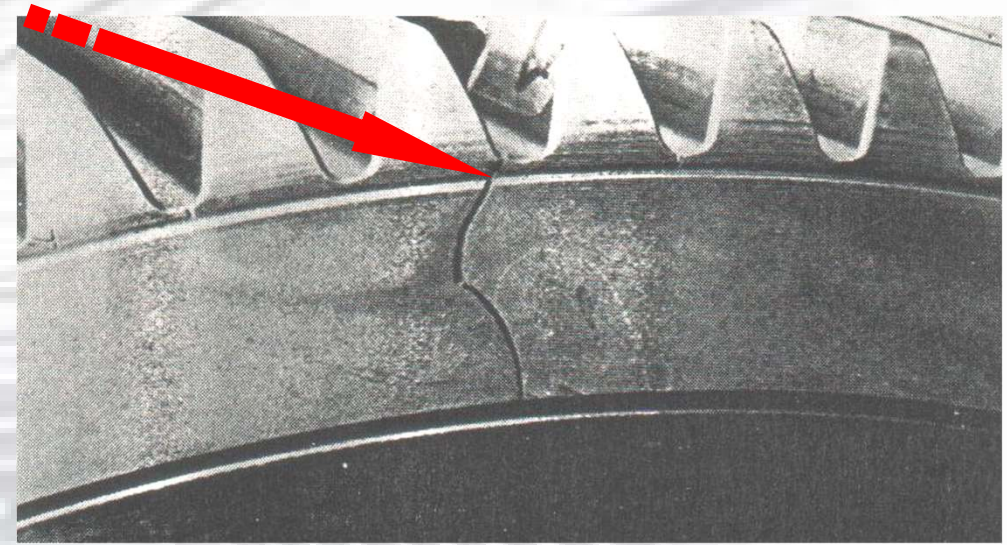
Defeito destrutivo caracterizado por trincas superficiais que, progredindo, provocam o desprendimento de materiais

OS TIPOS DE FALHAS

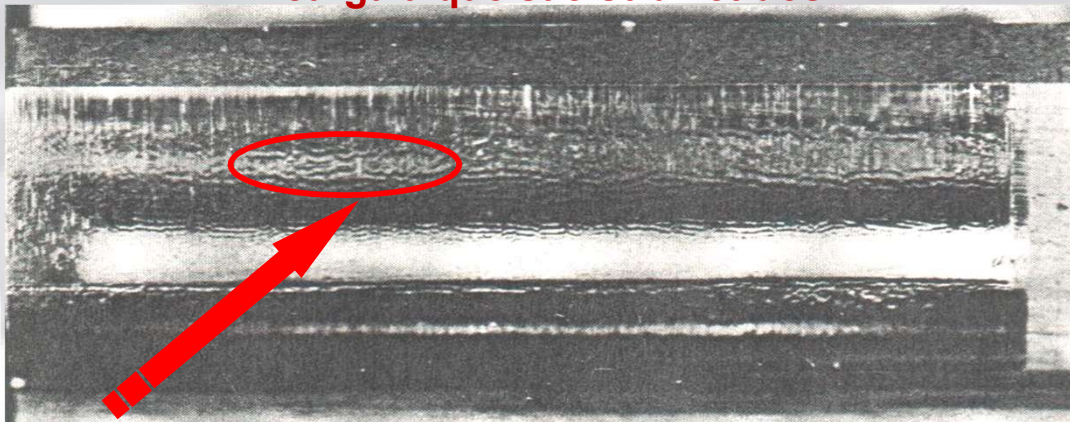


**ROLLING & PENNING
(FLUÊNCIA)**

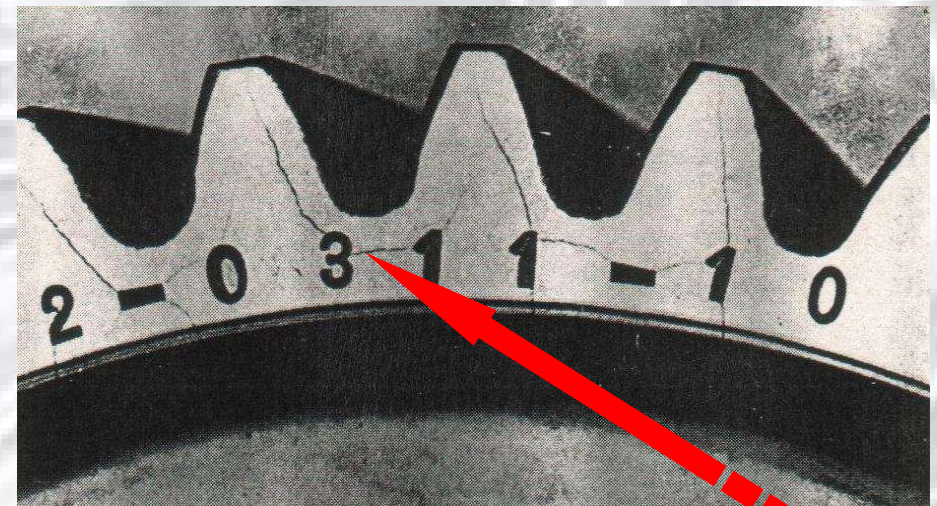
Deformação elástica dos materiais que não suportam a carga a que são submetidos



QUEBRA POR FADIGA



RIPPLING – ONDULAÇÃO
Originado por vibração



TRINCAS DE TÊMPERA

“Não é possível corrigir o contato do engrenamento, a menos que seja feita nova usinagem”

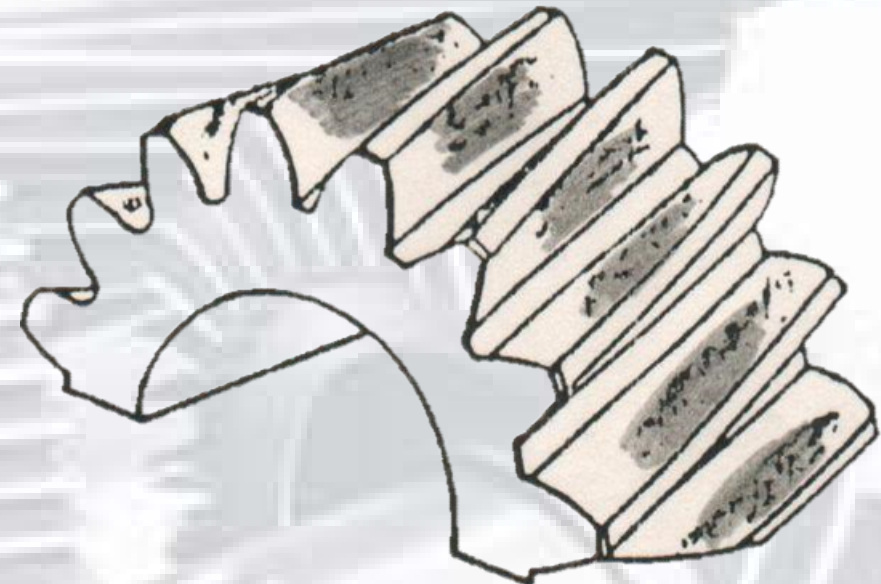
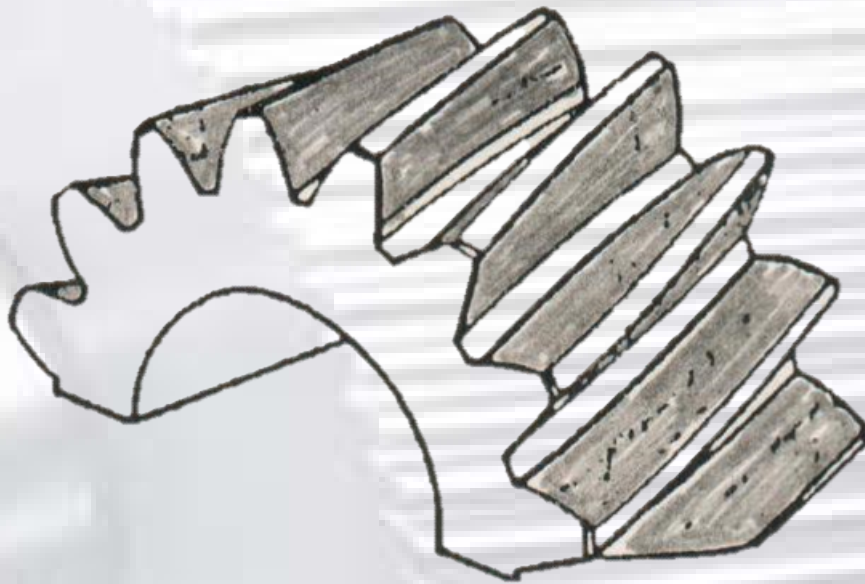
Tentar “melhorar” o contato de engrenamento só irá destruir a superfície ou a forma dos flancos dos dentes



**As engrenagens cilíndricas não podem ter nenhum tipo de ajuste:
Ou são montadas e giram normalmente, ou estão com defeito**

Pares cônicos e transmissões por rosca sem fim exigem o ajuste da posição relativa das peças na montagem, a fim de que seja observado o contato de engrenamento

CONTATOS DE ENGRENAMENTO NORMAIS A ENCONTRAR NAS ENGRENAGENS CILÍNDRICAS

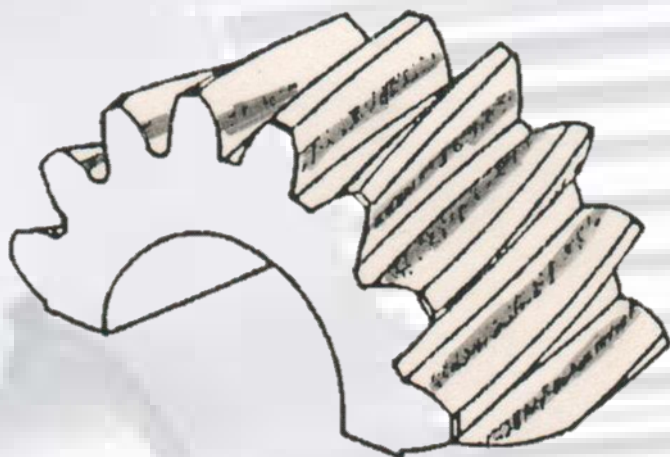


Contato correto em uma engrenagem com dentes helicoidais, resultado de:

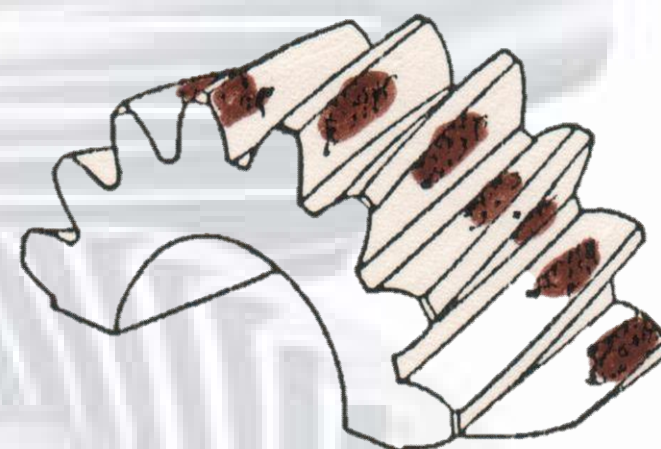
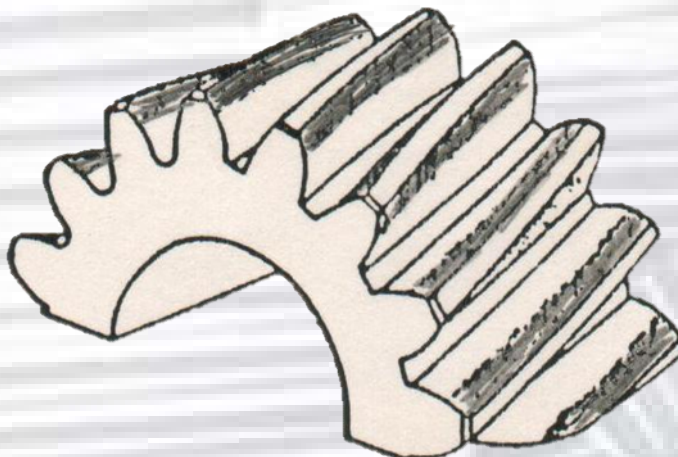
- ✓ **Ângulos de evolvente e hélice corretos**
 - ✓ **Paralelismo dos eixos corretos**
 - ✓ **Distância entre centros correta**
- ✓ **Engrenagem perpendicular ao eixo**

Contato correto em uma engrenagem com dentes helicoidais fresada com “crowning” ou dentes abaulados

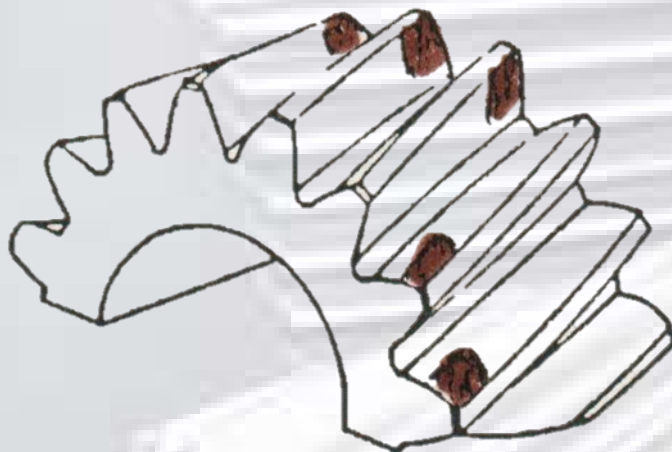
CONTATOS DE ENGRENAMENTO COM DIFERENTES DEFEITOS ENCONTRADOS NAS ENGRENAGENS CILÍNDRICAS



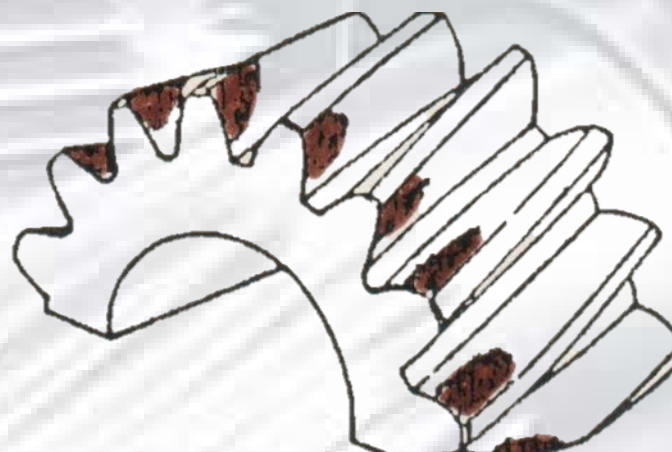
Engrenagens com problema no ângulo da evolvente ou na distância entre centros



Engrenagem fora de perpendicular em relação ao eixo (contato em cambaleio)



Engrenagem com problema no ângulo de hélice



Engrenagem com problema no paralelismo dos eixos

PARA UM BOM FUNCIONAMENTO DOS REDUTORES DE VELOCIDADE:

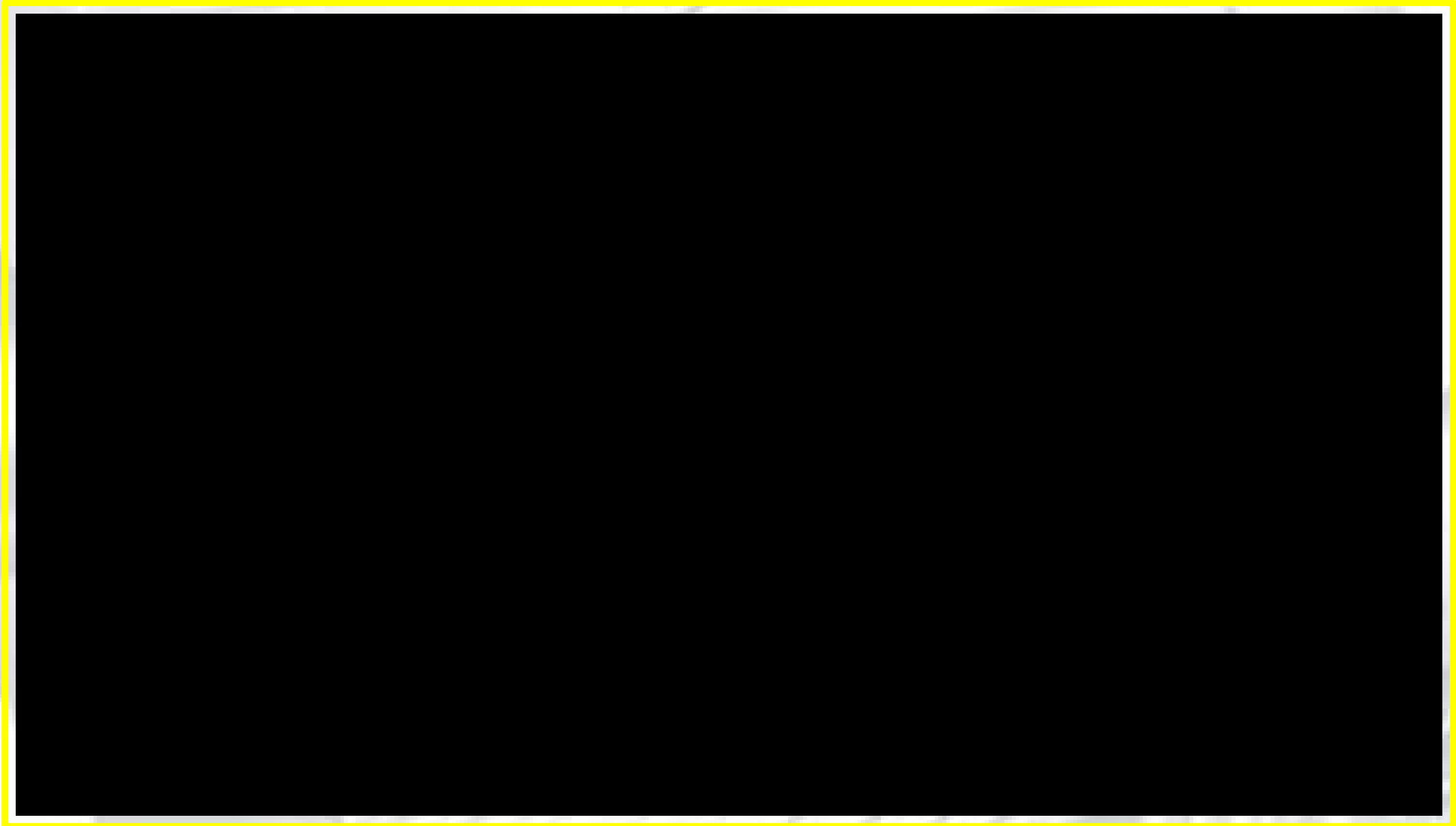
Garantir que os redutores estejam apoiados sobre bases firmes, com os eixos devidamente alinhados com os eixos do motor e da máquina acionada



Observar que os limites do redutor sejam respeitados, pelo uso de motores adequados a suas capacidades mecânicas

Os Redutores de Velocidade apresentados são de fabricação

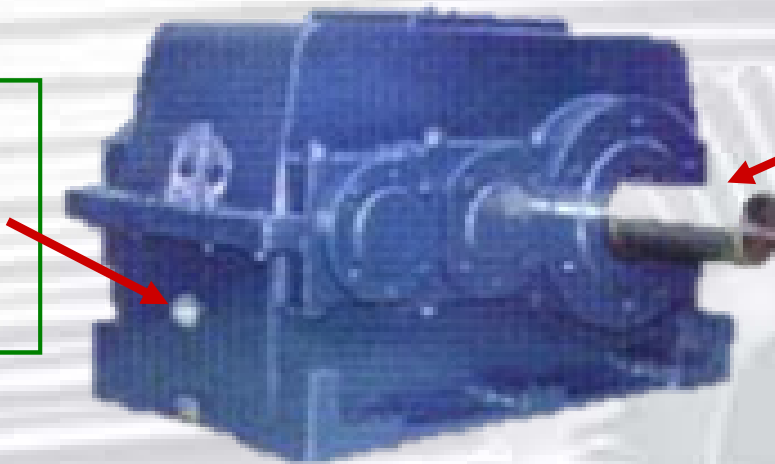




CARACTERÍSTICAS DE REDUTORES INDUSTRIAIS

Redutores industriais são fornecido completamente montados e ajustados para as condições de trabalho previamente especificadas

Pontos de lubrificação, respiro, nível e dreno de óleo devem ser pintados com cores diferentes



Superfícies externas usinadas e que não tenham algum tipo de proteção devem ser protegidas com verniz próprio, graxa ou óleo

Dependendo do ambiente de trabalho, os redutores podem receber uma pintura especial na parte externa, além de algum tipo de proteção nas pontas de eixos

Redutores podem ter eixos feitos em aço inox para evitar corrosão

TRANSPORTE

O transporte dos redutores deve ser feito de forma cuidadosa, evitando acidentes que danifiquem o equipamento

Utilizar cordas fixas por alças, olhais ou por baixo da aba de união das caixas dos redutores

O transporte deve levar em conta os acessórios montados no redutor (bombas, trocadores de calor, mancais encoimpridados, etc)



Nunca suspender os redutores pelos eixos para não danificar os rolamentos !!!



ARMAZENAMENTO

Redutores podem ser armazenados por até 12 meses, desde que o local seja sêco e esteja protegido das interpéries

Equipamentos que devem permanecer estocados por tempo maior devem ter uma manutenção de armazenagem:

- *Redutores de pequeno porte lubrificados por óleo devem ser totalmente enchidos de óleo, evitando a condensação de umidade no interior da caixa*
- *Redutores maiores: proceder a uma pulverização anual das partes girantes com óleo*
- *Partes externas não pintadas e furos roscados podem ser simplesmente cobertos por graxa*



Locais de armazenamento com ambiente agressivo, ou transporte por via marítima, exigem proteção especial !!!

MONTAGEM DE ACOPLAMENTOS, POLIAS, ENGRENAGENS NAS PONTAS DE EIXOS

A montagem deve ser feita de forma cuidadosa, para não danificar os rolamentos e outros componentes internos do redutor

Preferencialmente a montagem deve ser feita a quente ($\Delta t \approx 150^{\circ}\text{C}$ entre as peças)

Existem componentes montados com interferência maior, usando de pressão hidráulica

Tentativas de desmontagem de tais componentes podem danificar as peças

Recomendamos analisar os componentes antes de iniciar qualquer desmontagem

NUNCA EFETUAR A MONTAGEM POR GOLPES DE MARTELO. O USO DE MAÇARICO PARA AQUECER AS PEÇAS PODE EFETUAR UM EVENTUAL TRATAMENTO TÉRMICO!!!

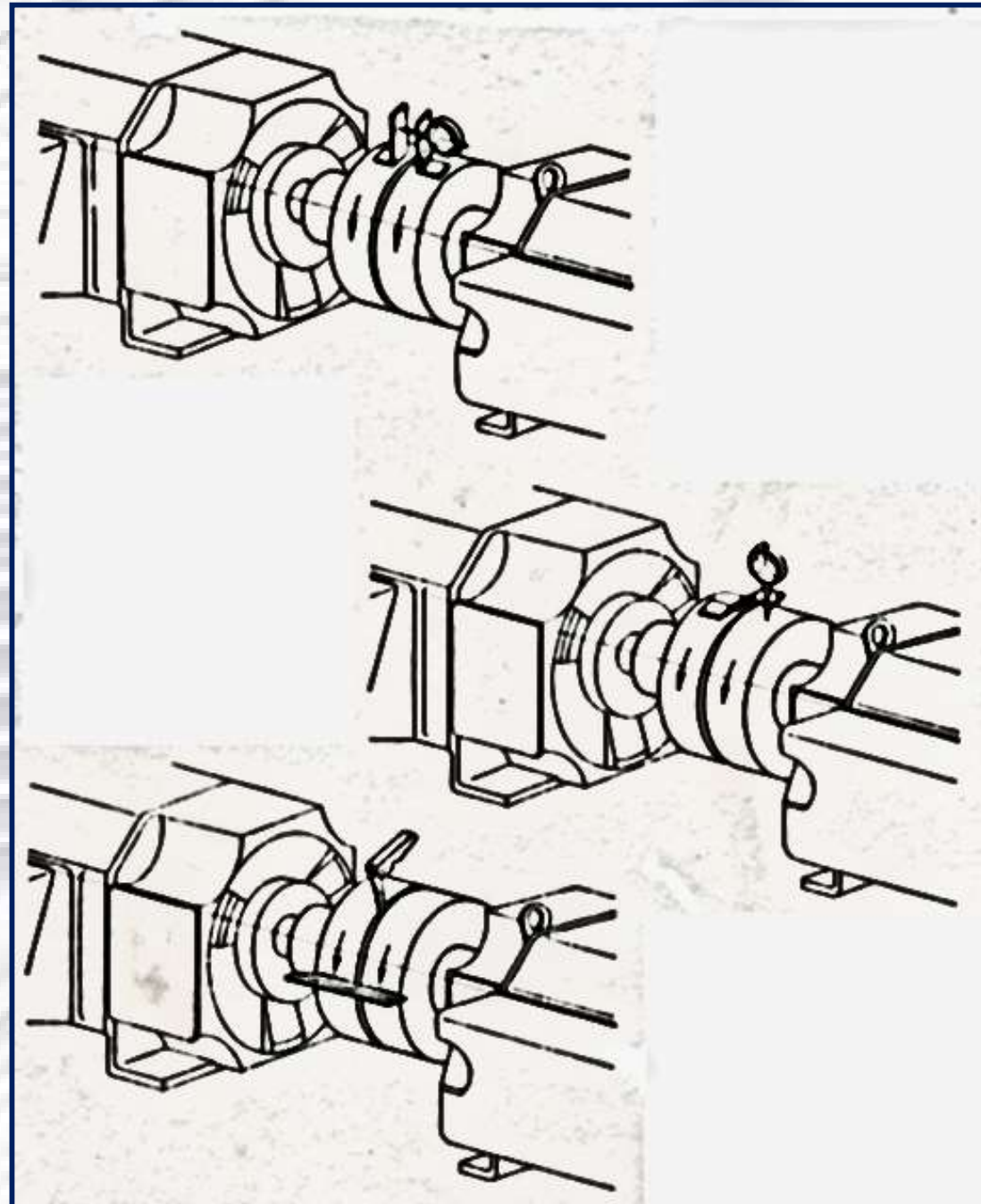
NÃO USE MARRETA !!!



ACOPLAMENTOS

Recomenda-se ajuste entre o cubo e o eixo com H7/k6 ou K7/h6, conforme ISO.

Se necessário, aquecer os cubos dos acoplamentos acima de 80°C, **retirando os elementos elásticos.**





INSTALAÇÃO DOS REDUTORES INDUSTRIAIS

Os redutores devem ser instalados:

- Em locais com circulação de ar**
- Sobre bases metálicas e rígidas, que não sofram desnivelamentos em função dos esforços gerados pelo funcionamento do sistema**

Recomenda-se manter a base do redutor separada da base da máquina a ser acionada

Verificar o nivelamento junto com o alinhamento dos eixos

Existindo mancal externo, atenção quanto ao alinhamento dos eixos

COLOCAÇÃO DE LUBRIFICANTE

O lubrificante a ser utilizado no redutor é o indicado na plaqueta de identificação do redutor, em função da viscosidade ISO

A colocação do óleo deve ser feita através da tampa de inspeção do redutor, ou do bujão de nível ou respiro

Cuidado com o volume de lubrificante: **excesso de lubrificante = superaquecimento**

Ambientes com temperatura acima de 40°C: utilizar lubrificante com viscosidade um grau acima daquela indicada na plaqueta do redutor

**Ambientes com muita poeira ou atmosfera corrosiva:
esquema de troca de lubrificante diferenciado**

Ambientes com temperatura acima de 50°C ou abaixo de 0°C exigem uma avaliação especial das condições de funcionamento do redutor

SISTEMA DE VISCOSIDADE PARA LUBRIFICANTES INDUSTRIAIS			
SISTEMA DE VISCOSIDADE GRAU DE IDENTIFICAÇÃO	VISCOSIDADE MÉDIA cSt (mm ² /s) 40.0°C (104°F)	VISCOSIDADE CINEMATICA LIMITE cSt (mm ² /s) 40.0°C (104°F)	
		MIN	MAX
	ISO VG 2	2.2	1.98
ISO VG 3	3.2	2.88	3.52
ISO VG 5	4.6	4.14	5.06
ISO VG 7	6.8	6.12	7.48
ISO VG 10	10	9.00	11.0
ISO VG 15	15	13.5	16.5
ISO VG 22	22	19.8	24.2
ISO VG 32	32	28.8	35.2
ISO VG 46	46	41.4	50.6
ISO VG 68	68	61.2	74.8
ISO VG 100	100	90.0	110
ISO VG 150	150	135	165
ISO VG 220	220	198	242
ISO VG 320	320	288	352
ISO VG 460	460	414	506
ISO VG 680	680	612	748
ISO VG 1000	1000	900	1100
ISO VG 1500	1500	1350	1650

Existem três tipos de lubrificantes:

Óleos minerais

Óleos sintéticos

Graxas

Óleos em geral usados em redutores de velocidade



SISTEMAS UTILIZADOS PARA A LUBRIFICAÇÃO DOS REDUTORES DE VELOCIDADE

Basicamente existem dois tipos de lubrificação:
POR BANHO OU FORÇADA

A lubrificação **por banho** tem as engrenagens lubrificadas em banho de óleo, e o contato do engrenamento é garantido pelo óleo levado por elas.

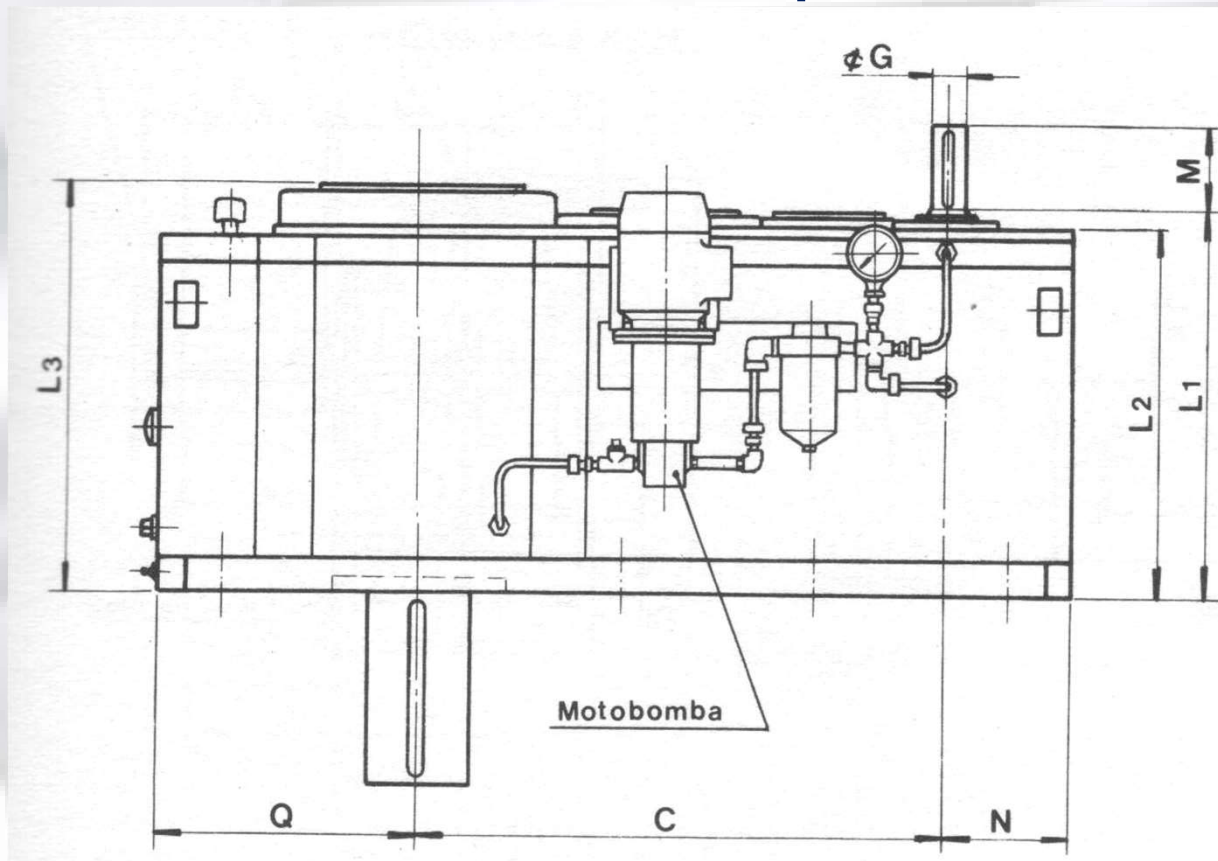


Os rolamentos são lubrificadas pelo óleo salpicado na carcaça pelas engrenagens e carregados até os mesmos por canaletas.



Lubrificação **forçada** é a que exige bomba de engrenagens para levar o lubrificante a locais inacessíveis ou para fora do reservatório.

Pode ser acionada ou pelo eixo de entrada do redutor ou por um motor auxiliar



Ambientes muito frios podem provocar a falha da bomba devido ao aumento da viscosidade do óleo pelo frio

MOTO BOMBA PARA LUBRIFICAÇÃO

INÍCIO DE FUNCIONAMENTO

O início de funcionamento do redutor :

- deve começar com 1/3 da carga nominal
- permanecer nessa condição durante 10 horas

Durante esse período observar:

➤ **possíveis anomalias na operação,**

➤ **eventuais vazamentos em retentores ou sistemas externos de lubrificação**

Redutores a plena carga, em serviço contínuo e temperatura ambiente de 30°C:

- ✓ **devem apresentar uma temperatura máxima de 90°C na parte externa da caixa,**
- ✓ **ou de 110°C no óleo**

Temperaturas muito altas, com ambientes úmidos, provocam a condensação de água no interior dos redutores, que pode ser eliminada pelo uso de resistências de aquecimento

MANUSEIO, MANUTENÇÃO E DEFEITOS DE ROLAMENTOS

www.skf.com.br

Rolamentos são os elementos que permitem que “as coisas” tenham movimento relativo de rotação ou translação entre si

Para longos períodos de trabalho, como exigido nas máquinas operatrizes, o óleo lubrificante e o rolamento são os que permitem o trabalho sem problemas uma vez que são os rolamentos que minimizam a ação do atrito



LIMPEZA

A limpeza é muito importante para o bom desempenho dos rolamentos.

Recentes pesquisas tornaram possível verificar a influência da contaminação na vida útil do rolamento.

É portanto, fundamental que:

- ✓ **os rolamentos sejam lubrificados com graxas e óleos limpos**
- ✓ **e que o lubrificante mantenha-se limpo durante a operação**

Isto significa que os sistemas de vedação têm que manter o rolamento livre da contaminação externa.

ARMAZENAGEM E MANUSEIO

Os rolamentos podem ser armazenados em sua embalagem original por muitos anos

Devem ser mantidos em lugar livre de vibrações, com umidade relativa menor que 60 % e com temperatura razoavelmente constante

Rolamentos fora da embalagem original devem ser protegidos contra impurezas e corrosão

A “VIDA” NA PRATELEIRA

Certos tipos de rolamentos têm vida de armazenamento limitada.

Rolamentos com dupla blindagem tem “vida” na armazenagem máxima de 5 anos

Tais rolamentos são “lubrificadas para toda a vida”, mas a graxa envelhece e seca se ficar armazenada por tempo longo demais!!!

ASPECTOS TÉCNICOS DA VEDAÇÃO: RETENTORES

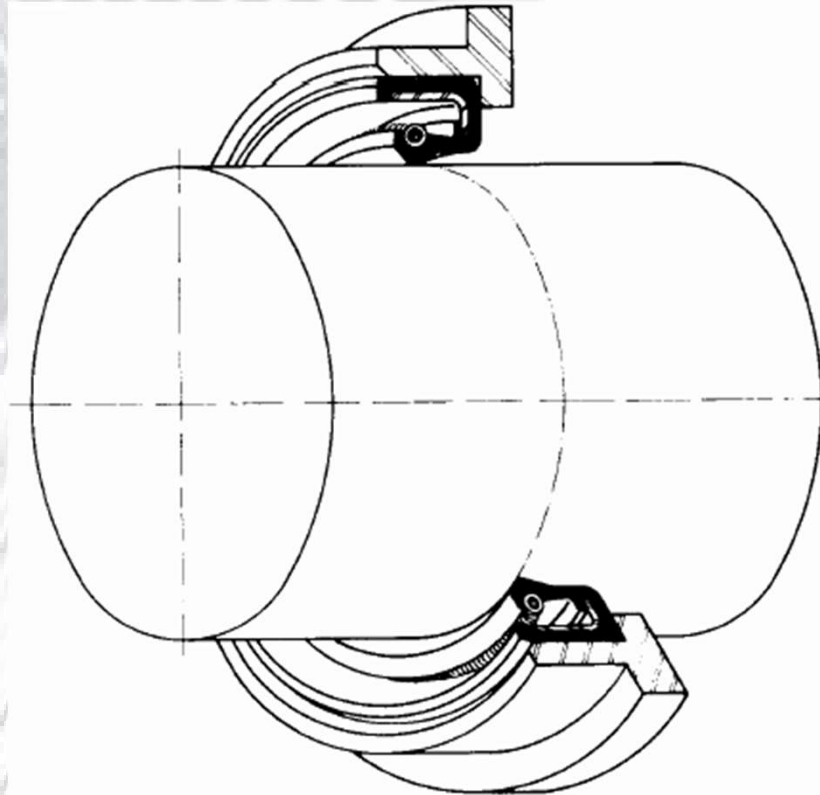
www.sabo.com.br

Função do retentor

O vedador do lábio ou retentor é composto de uma membrana elastomérica em forma de “lábio” e uma parte estrutural metálica, que permite a fixação do lábio na posição correta de trabalho na aplicação.

O retentor tem por função reter óleos, graxas ou outros fluidos que devam ser contidos no interior de uma máquina ou um agregado mecânico.

O retentor é sempre aplicado entre duas peças que tenham um movimento relativo, por exemplo: entre um eixo que transmite um movimento e a carcaça de sustentação do mancal deste eixo.



MANUTENÇÃO DE REDUTORES DE VELOCIDADE

OS DETALHES QUE NINGUÉM GOSTA MUITO DE CUIDAR !!!

Existem certas atividades que devem ser executadas na manutenção de redutores industriais, que muitos consideram de “segunda ordem” ou de pouca importância.

São os cuidados que devemos ter com:

- ✓ **Pinos de guia**
- ✓ **Respiros e filtros**
- ✓ **Pintura interna e externa**
- ✓ **Vedações**
- ✓ **Anéis de contração**
- ✓ **Contra recuos**



A forma incorreta de manusear e/ou montar tais componentes pode provocar a introdução de danos que podem ser irreparáveis.



Grau D



D Sa 1



D Sa 2



D Sa 2½

TRANSMISSÕES POR CORRENTES

- Empregadas para eixos paralelos
- Permitem maiores distâncias entre centros**
- Relações de transmissão até 6
- Rendimento entre 97 e 98%**
- Não apresentam escorregamento**
- São mais econômicas que as engrenagens cilíndricas**
- Tem vida útil menor devido ao desgaste nas articulações**



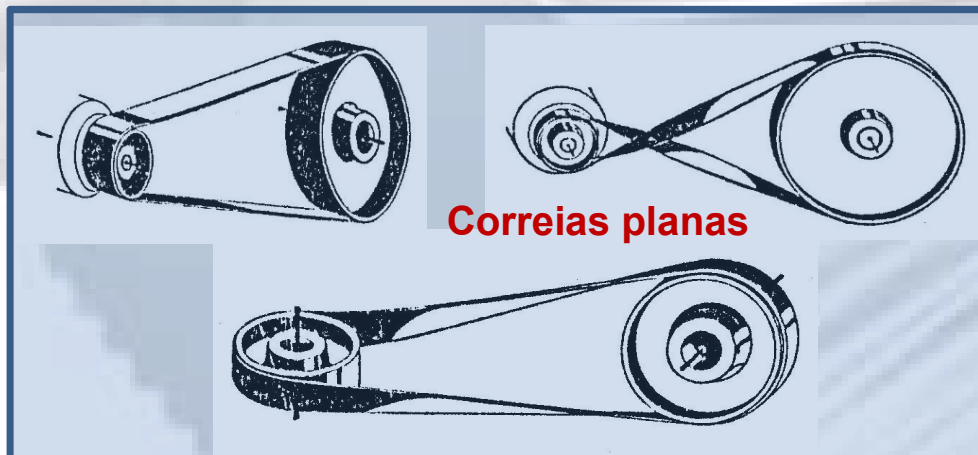
Corrente de rolos



Corrente dentada

TRANSMISSÕES POR CORREIAS

- Empregadas para eixos paralelos e reversos
- **Construção simples**
- Permitem maiores distâncias entre centros
- **Funcionamento silencioso**
- Boa capacidade de absorção de choques
- **Rendimento entre 95 e 98%**
- Apresentam escorregamento de até 3% (correias lisas)
- **São muito mais econômicas que as engrenagens cilíndricas**
- Tem maiores dimensões que as transmissões por engrenagens
- **Tem vida útil menor devido ao desgaste**



TRANSMISSÕES POR CREMALHEIRAS

- Aplicadas para eixos paralelos
- Aplicações em máquinas operatrizes, elevadores, trens, etc



MANUTENÇÃO: DEFINIÇÕES



Verificar o nível do óleo do motor,
a pressão dos pneus

MANUTENÇÃO PREDITIVA



Periódica troca de óleo, velas, correias do
motor dos carros, amortecedores

MANUTENÇÃO PREVENTIVA



Lâmpada do farol do carro queima, a
embreagem quebra....

MANUTENÇÃO CORRETIVA

MANUTENÇÃO PREDITIVA

- ✓ **Auxilia a detectar eventual falha de um componente**
- ✓ **Ajuda no acompanhamento da evolução da falha**
- ✓ **Sem perder produção**

Aspectos importantes que devem ser observados:

- ✓ **Nível de óleo**
- ✓ **Resíduos metálicos presentes no óleo**
- ✓ **Viscosidade do óleo**
- ✓ **Temperatura do óleo**
- ✓ **Vazamentos**
- ✓ **Análise de vibração**

MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Período de parada programada de máquina

Ações na manutenção preventiva:

- ✓ Minuciosa análise dos flancos dos dentes de pinhões e engrenagens, avaliando desgastes ou falhas mais danosas para a vida do componente
- ✓ Avaliação da viscosidade do óleo junto com o fabricante / fornecedor, decidindo pela sua substituição ou pela manutenção do mesmo
- ✓ Substituição dos rolamentos;
- ✓ Substituição dos retentores;
- ✓ Limpeza ou substituição de filtros;
- ✓ Limpeza de circuitos de refrigeração quando existentes;

MANUTENÇÃO CORRETIVA

A manutenção corretiva requer conhecimentos mais detalhados de um componente ou de um conjunto

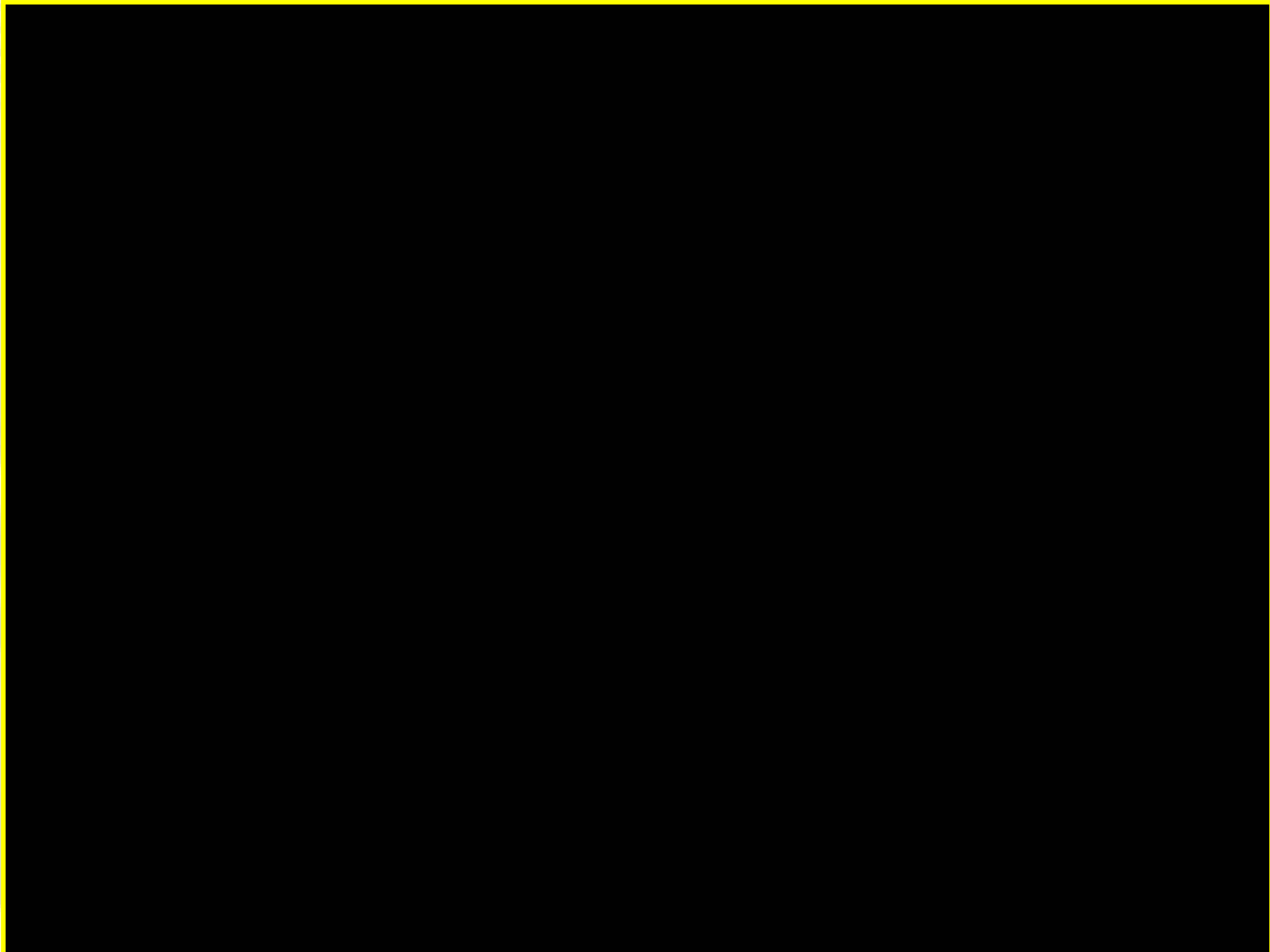
Nos redutores de velocidade, os que se referem às engrenagens – os elementos de maior custo – são os mais importantes

O conhecimento dos principais tipos de avarias é fundamental para uma melhor análise

Alguns defeitos nos jogos de engrenagens, quando aparecem, exigem a substituição do componente

Na manutenção, o cuidado com a limpeza, principalmente nos rolamentos, é fundamental

Recomenda-se sempre a limpeza com solventes a quente ou a frio, de todos os componentes, inclusive a carcaça



CONCLUSÕES

- A) Manutenção para não ter prejuízos financeiros gerados por paradas inesperadas**
- B) A importância de conhecer as características dos tipos de transmissões.**
- C) Treinamento de técnicos e engenheiros.**
- D) Implementação de processos sistêmicos.**



FIM

Grato pela atenção !!!



WTA Engenharia

Rua Atílio Piffer, nº 271, cj. 43 / 44

Casa Verde, CEP 02516-000, São Paulo, SP

Tel.: 11 3862-2854

comercial@wtaengenharia.com.br