

## Sistemas Mecânicos - Laboratório

### 1) Desenho Lámina

→ Projeto Cônic: a projeção cônic é utilizada por ter uma imagem mais real do objeto. Pode ter um, dois ou três pontos de fuga, com duas ou nenhuma das direções dominantes paralelas.

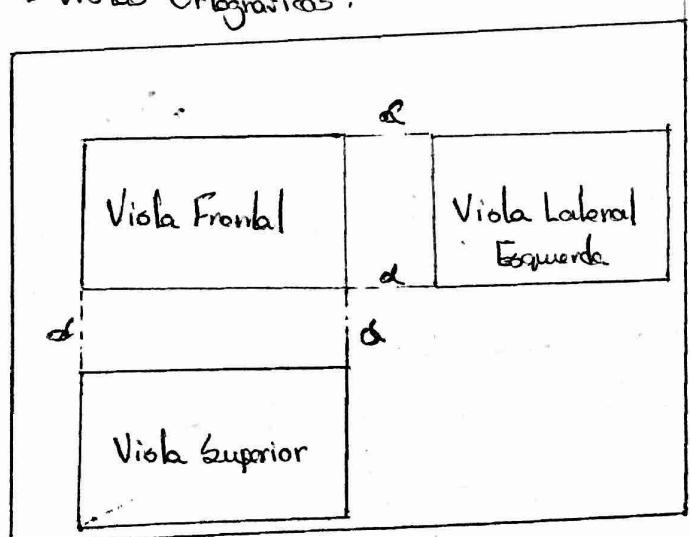
→ Perspectiva Cilíndrica Oblíqua (perspectiva cavaleira): os eixos da altura e da largura formam entre si um ângulo reto, com as medidas mantendo suas verdadeiras grandezas. Já para profundidade, o eixo está inclinado e suas medidas sofrem certa deformação.

→ Projeto Cilíndrica Oblíqua (perspectiva militar): é uma perspectiva onde os eixos x e y formam entre si um ângulo reto. Para construir-la é necessário reduzir as medidas do eixo z em 2/3.

→ Projeto Ortogonal Cilíndrica (perspectiva isométrica): os três eixos axonométricos têm a mesma inclinação em relação ao quadro, com ângulos de 120° entre si, e todos os eixos estão na mesma escala. Os três coeficientes de redução das escalas são iguais.

→ dê a ideia monos determinada do objeto. Também, mantém as mesmas proporções de comprimento, de largura e da altura do objeto representado.

→ Vistas Ortográficas:



Obs: Tipos de Linha:

a) Contínua estreita: linhas de eixos, auxiliares, hachuras

linhas do chão, linha de centro curvas e intersecção imaginária.

b) Contínua larga: contornos e arestas visíveis

c) Tracejada Estreita: linhas de centro, simetria, contornos e arestas não visíveis

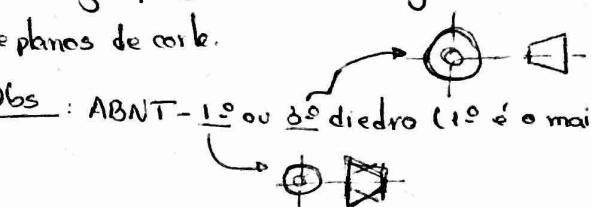
d) Tracejada Larga: contornos e arestas não visíveis

e) Traco e ponto estreita: linhas de centro, simetria,

f) Zigue-zague: linhas ou interrupções

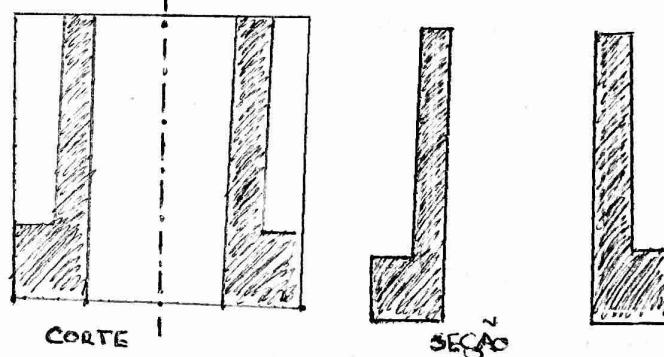
g) Traco e ponto estreita e larga na extremidade: indicação de planos de corte.

Obs: ABNT - 1º ou 3º diâmetro (1º é o mais adiante)



→ Cortes / Seções:

def: desenho que se vê como resultado do desmembramento de uma peça de forma segundo um plano secante retinado a parte da peça mais próxima do observador.



Na seção é possível ver com mais clareza certas componentes da peça, cortes e posicionamentos nos desenhos.

→ Corte Compósito: torna possível analisar todos os elementos internos do modelo ou peça, ao mesmo tempo, pois, o corte composto permite representar, numa mesma vista, elementos situados em diferentes planos de corte.

→ Corte por planos concorrentes: dois planos que se cruzam

→ Meio corte: não é necessário representar o plano de corte, pois, parte da peça somente o corte e a parte cortada ficam visíveis na vista.

→ Linhas de ruptura

det: a linha de ruptura mostra o local onde o corte está sendo imaginado, deixando visível os demais internos da peça.

↳ nas partes não atingidas pelo corte parcial, as estruturas não visíveis devem ser representadas pela linha de ruptura.

Obs: as hachuras devem formar um ângulo de 45° com o eixo principal da peça.

↳ as hachuras em peças adjacentes devem ser feitas em direções opostas ou espacamentos diferentes.

↳ as hachuras em uma mesma peça compostas são feitas em direções diferentes.

→ Regras de Colagem: Colar de dentro para fora  
det: as colas devem ser todas posicionadas acima e paralelamente às linhas de cola (preferencialmente contrárias).

Opcionalmente, pode-se interromper a linha de cola para a inserção da cola (sempre horizontal).

↳ as colas são feitas de baixo para cima e da esquerda para a direita.

→ Representação de Roscas:

a) Para rosas visíveis, a crista da fileira é representada por uma linha contínua longa e a raiz da rosa por uma linha contínua estreita.

b) Na vista de topo de uma rosa visível, a raiz é representada por uma circunferência parcial de linha contínua estreita.

c) Para rosas entorpecidas, a crista e a raiz são representadas por linhas tracejadas, porém só um tipo ao mesmo deserto. (tracejada longa ou estreita).

→ Escala em deserto:

Escala ( $1/E$ ) é a distância relativa entre a distância gráfica ( $d$ ) e a distância real ( $D$ ).

$$\frac{1}{E} = \frac{d}{D} \Rightarrow E = \frac{D}{d}$$

## 2) Metodologia de Projetos

### Etapas:

#### CONCEITUAL

- ↳ estudo de viabilidade
- ↳ identificação de necessidades
- ↳ desenvolvimento de argumentos / cronogramas
- ↳ preparação de propostas

#### PLANEJAMENTO

- ↳ programação de recursos
- ↳ construção de protótipo + estudos / testes
- ↳ programação para execução

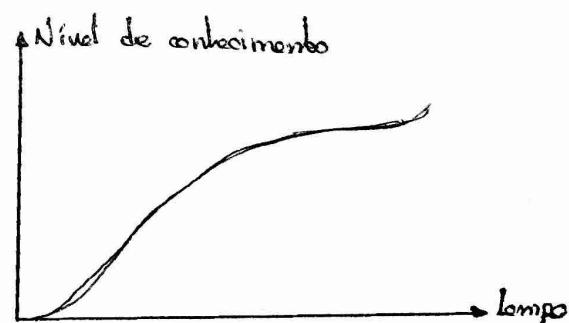
#### EXECUÇÃO

- ↳ execução de atividades programadas
- ↳ medições se necessário
- ↳ monitoramento e controle da execução

#### FINAL

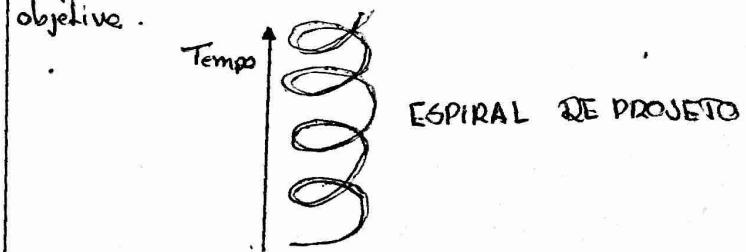
- ↳ treinamento operacional
- ↳ reforço das memórias e recursos do projeto

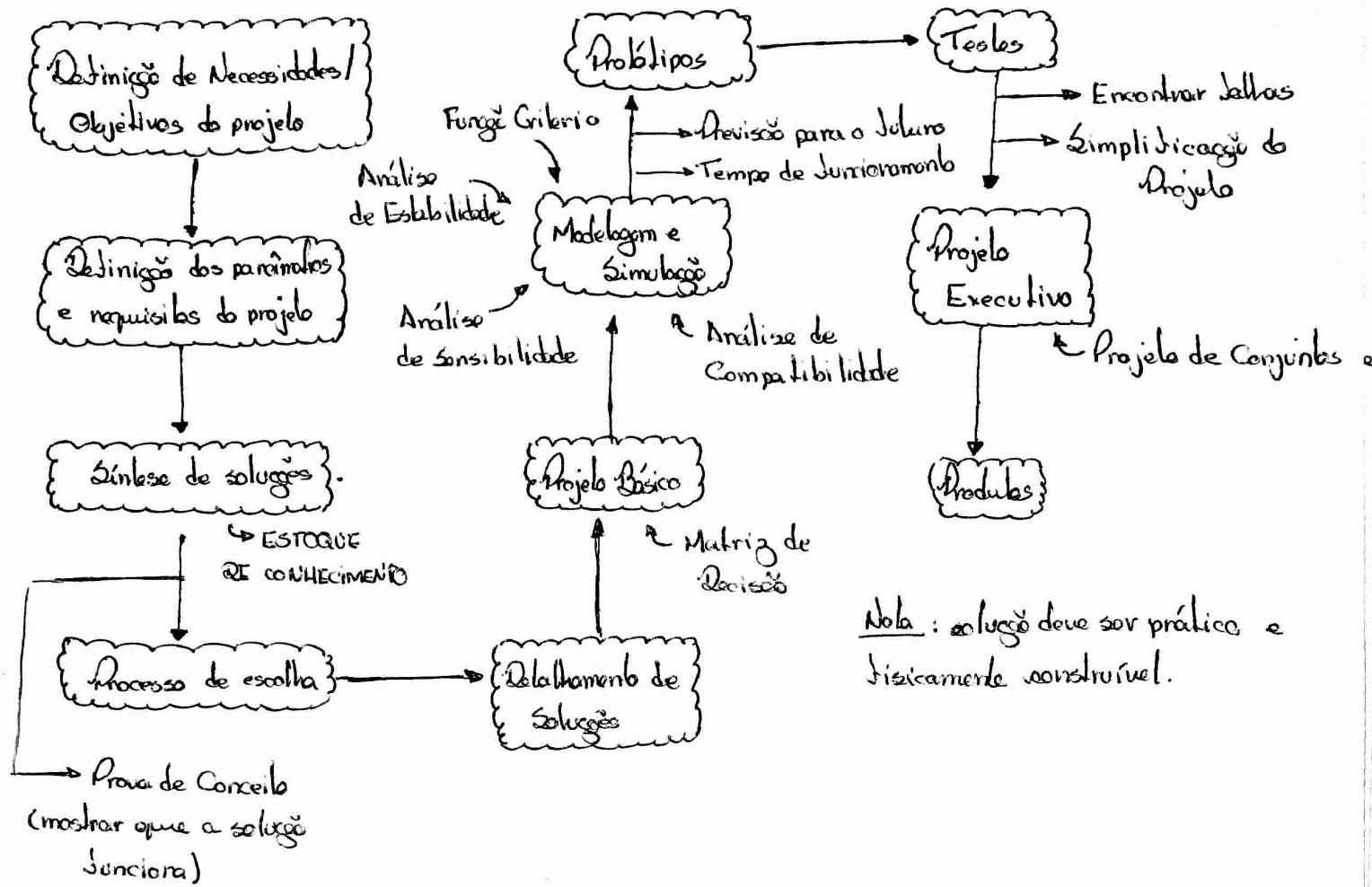
#### Conhecimento do projeto:



• Espiral de projeto: de um período de tempo para o outro entre projetos, não há o início do zero mas sim o aprimoramento.

• Projeto Linear: vai da necessidade ao produto de forma objetiva.





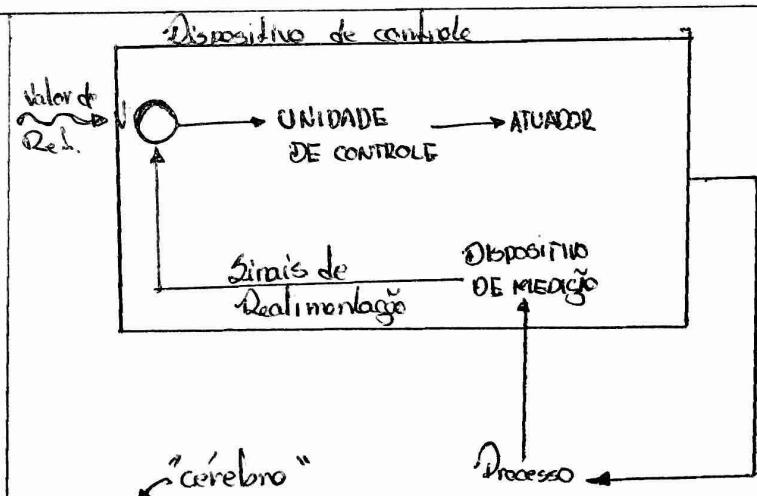
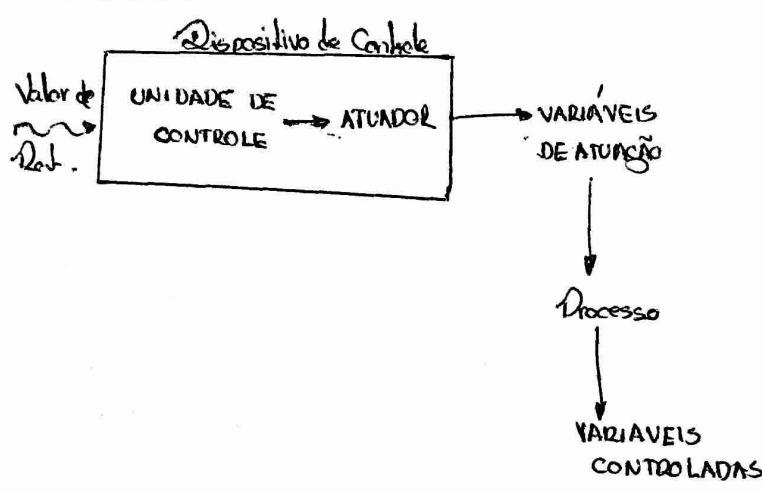
Nota: a solução deve ser prática e fisicamente construtível.

Obs: o estudo de viabilidade deve ser feito logo no início do projeto porque caso sua inviabilidade seja identificada em etapas avançadas haverá maior despesa.

### 3) Microcontroladores

Controlo:

Malha aberta:



def (MCU): um microprocessador é um CE (circuitos integrados) composto por uma unidade de controle, uma ALU (Arithmetic Logic Unit) e memória.

def (MCU): um microcontrolador é um SOC (System on-a-chip), pois, é um CE com CPU, memórias e entradas/saída, protocolos de comunicação, conversores analógico-digital e digital-analógico, timers e PWM.  
"Jenga bruta". É Arduino

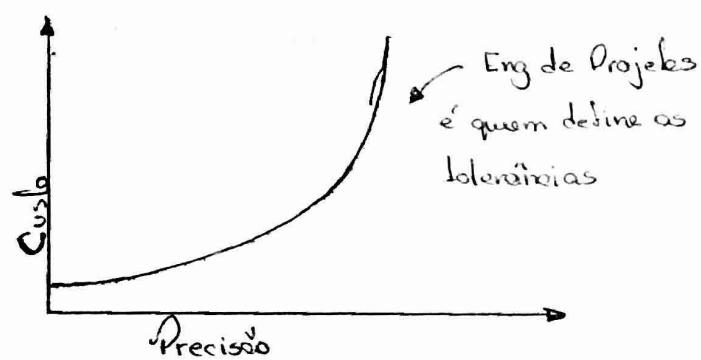
Malha fechada:

## sistemas Mecânicos

### Tolerâncias em Projeto e Manufatura Mecânica

Tolerância: é a máxima variação admisível de uma grandeza física de uma peça ou conjuntos de peças, para que sejam mantidas suas condições de funcionamento.

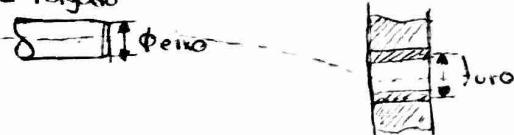
Princípio: deve-se sempre especificar a maior tolerância (menor precisão) possível que permite atingir as especificações do projeto.



Quanto menores forem as tolerâncias adotadas maior será a precisão do projeto, porém, o custo aumenta levado ao aumento do número de processos.

#### Tipos de ajustes entre peças

##### Ajuste Folgado



Eixo:  $\phi_{Eixo}^{+0,025}_{-0,050}$  ( $69,950 \leq \phi_{Eixo} \leq 69,975$ ) mm  
dimensão nominal na tabela técnica de ref. da peça

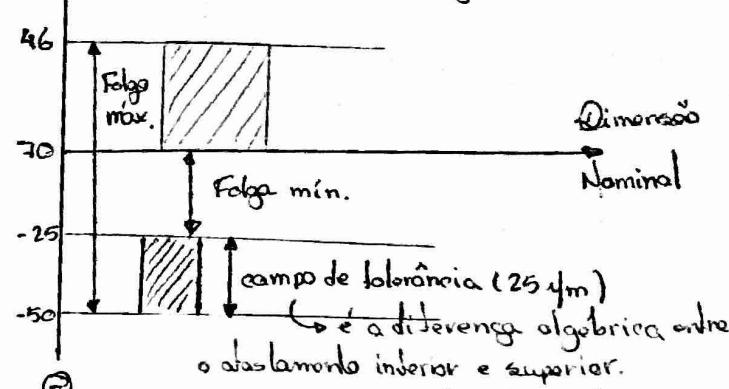
Furo:  $\phi_{Furo}^{+0,046}_{+0,000}$  ( $70,000 \leq \phi_{Furo} \leq 70,046$ ) mm

Queremos um movimento relativo entre o furo e o eixo, portanto, optamos por diminuir o eixo e aumentar o furo. (quanto menores forem a diminuição e o aumento maior será a precisão).

$$\text{Folga Máxima} = 46 - (-50) = 96 \mu\text{m}$$

$$\text{Folga Mínima} = 0 - (-25) = 25 \mu\text{m}$$

Obs: dimensão efetiva → valor real  
medido na peça.

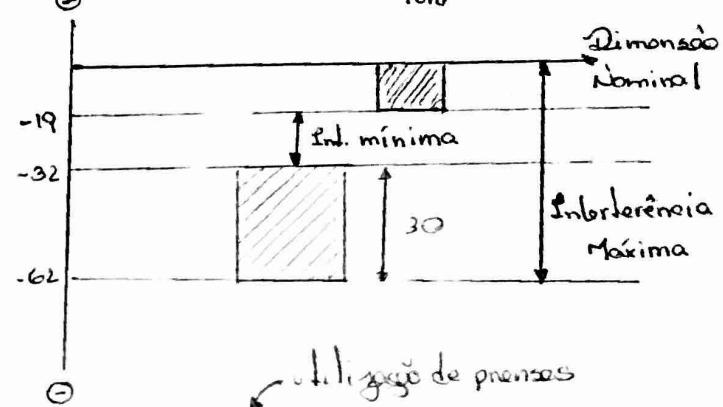


peças sem movimento relativo elas com

Ajuste Forçado: retenção para transmissão de esforços

Eixo:  $\phi_{Eixo}^{+0,000}_{-0,019}$  ( $69,981 \leq \phi_{Eixo} \leq 70,000$ ) mm

Furo:  $\phi_{Furo}^{+0,032}_{-0,062}$  ( $69,938 \leq \phi_{Furo} \leq 69,968$ ) mm



utilização de prenses

Intolerância máxima =  $-62 - 0 = -62 \mu\text{m}$  (maior precisão)

Intolerância mínima =  $-32 - (-19) = +13 \mu\text{m}$

utilização de marteles

Obs: ainda há o ajuste incerto que compõe a folga máxima e a intolerância máxima

desarranque

posicionamento preciso

Obs: se escorrermos o eixo para o desvio fundamental

temos um sistema (eixo - base) → mudou o furo

diminuiu → dim mínima

temos um sistema (furo - base). Normalmente, escorremos o sistema furo (base, pols, conseguimos con-

tratar melhor as tolerâncias.

Representação:  $\phi_{45H7g6}$  equivale à  $\phi_{45G7f6}$

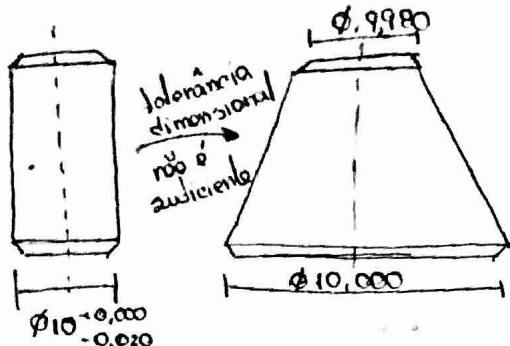
→ Motor quatro tempos (biela-mola)



4 cilindros → naturalmente平衡ado

(outros erros que não representam a superfície).

## 2) Tolerâncias Geométricas



$$(9,980 \leq \text{diâmetro} \leq 10,000)$$

### Classificaçõe:

1. Desvio de forma: relacionam a variação da forma real com a forma geométrica retilínea que a define

Tolerâncias Geométricas: retilinéidade, planezza, circularidade, cilindricidade.

2. Desvio de posição: estão relacionados à distância entre a posição da real de uma anelada ou superfície e a posição teórica da mesma, definida no projeto da peça.

Tolerâncias Geométricas: paralelismo; perpendicularismo; localização; concentricidade e coaxialidade; simetria; angularidade.

### Tolerâncias de Forma:

•) Retilinéidade: a rota real deve estar contida no interior de um cilindro, sendo o diâmetro do mesmo o valor numérico da tolerância.

•) Planezza: a superfície real deve situar-se entre dois planos distantes entre si de um valor pré-determinado, o qual corresponde ao valor numérico da tolerância.

•) Circularidade: o círculo real deve estar contido no interior de uma coroa circular, definida por duas circunferências concêntricas, de referência, sendo que a diferença entre os raios destas circunferências corresponde ao valor numérico da tolerância.

•) Cilindricidade: o cilindro real deve estar contido no interior do sólido definido por dois cilindros de referência concêntricos, de diâmetros conhecidos, sendo que a diferença

entre os raios destes mesmos corresponde ao valor numérico da tolerância.

### → Tolerâncias de Posição:

•) Paralelismo entre dois planos: o plano real deve estar contido no espaço limitado por dois planos ideais, paralelos ao plano de referência, sendo que a distância entre esses planos ideais corresponde ao valor numérico da tolerância.

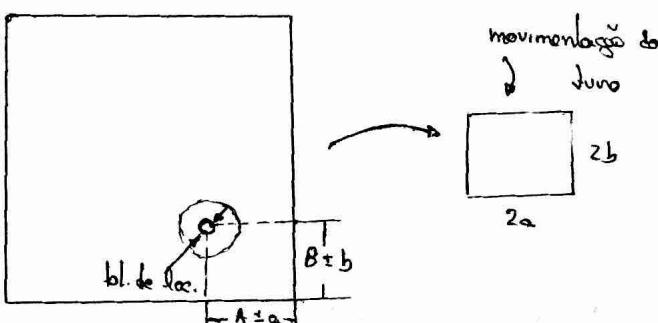
•) Paralelismo entre anelada e plano: a anelada real deve estar contida no espaço limitado por dois planos ideais, paralelos ao plano de referência, sendo que a distância entre estes planos corresponde ao valor numérico da tolerância.

•) Angularidade: o plano real deve estar contido entre dois planos paralelos entre si e inclinados com um ângulo igual ao valor nominal, tanto em relação a um ângulo de referência, sendo que a distância entre estes planos corresponde ao valor numérico da tolerância.

•) Perpendicularismo entre uma anelada e planos: o plano real deve estar contido no espaço limitado por dois planos ideais, perpendiculars ao plano de referência, sendo que a distância entre planos ideais corresponde ao valor numérico da tolerância.

•) Perpendicularismo entre uma anelada e um plano: a anelada real deve estar contida no interior de um cilindro ideal, cuja linha de centro é perpendicular ao plano de referência, sendo que o diâmetro do cilindro é o valor numérico da tolerância (anelada pode rotacionar).

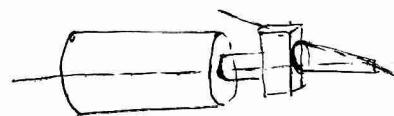
•) Localização: a linha de centro de um furo deve estar contida no interior de um cilindro ideal, cuja linha de centro coincide com a localização teórica do ponto em estudo, sendo que o diâmetro do cilindro corresponde a tolerância.



•) Concentricidade: a linha de centro de um elemento sólido real deve estar contida no interior de um círculo ideal, cujo centro

coincide com a posição teórica da linha de centro, sendo que o diâmetro do círculo corresponde ao valor numérico de tolerância.

•) Coaxialidade (modo o desalinhamento dos eixos que compõe uma peça) : a linha de centro de um sólido deve estar contida no interior de um cilindro de referência, cuja a linha de centro coincide com a posição ideal da linha de centro do sólido, sendo que o diâmetro do cilindro corresponde ao valor numérico de tolerância.



- - - - - } Tolerância

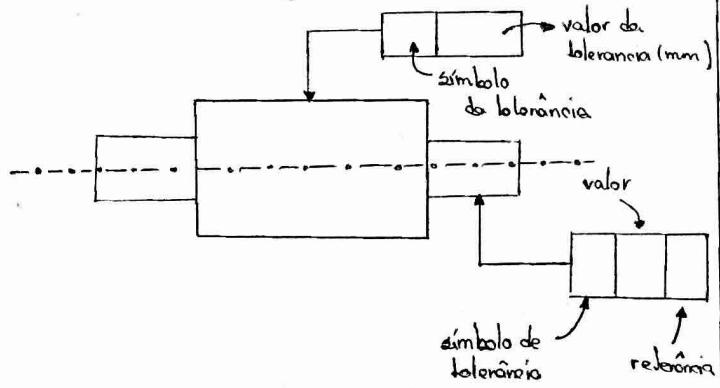
•) Simetria: o plano de simetria real deve estar contido no espaço limitado por dois planos ideais, paralelos e equidistantes do plano de simetria ideal, sendo que a distância entre os planos ideais corresponde ao valor numérico de tolerância.

→ Composição de desvio de forma com posição

(1) Radial Radial: é a variação máxima da posição do elemento real, medida no sentido radial ao eixo de rolagem, considerando uma rolagem completa, e o elemento girando em torno de um eixo de referência, sem se deslocar axialmente.

(2) Radial Axial: é a variação máxima do elemento posição real, medida no sentido axial ao eixo de rolagem, considerando uma rolagem completa e o elemento girando em torno de um eixo de referência, sem se deslocar axialmente.

→ Indicação de tolerância geométrica em desenho



A tolerância geométrica deve ser muito menor que a tolerância dimensional para garantir a geometria da peça.

3) Rugsidade Superficial

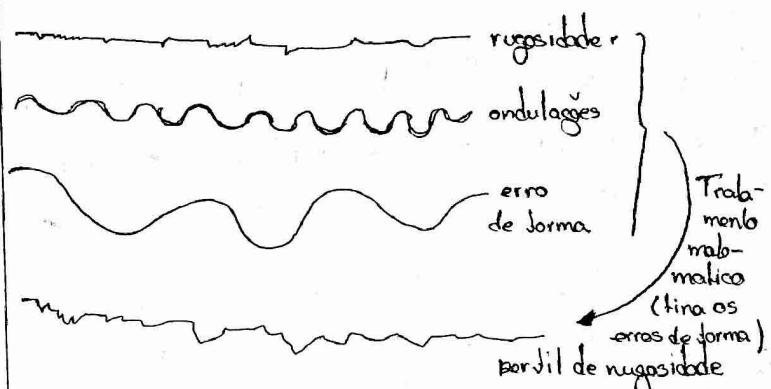
→ Desvio de forma microgeométrica

↳ Formado por: marcas na superfície da peça, ranhuras, sulcos

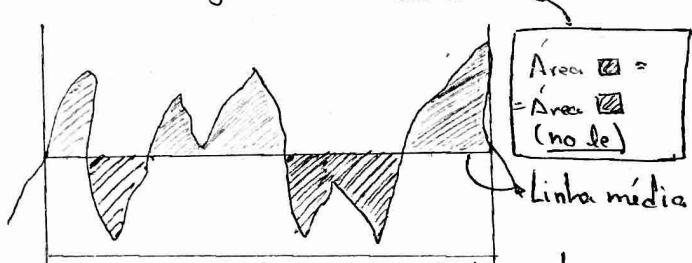
↳ causa: processo de fabricação (geometria da ferramenta, resistência do material, rigidez do equipamento, lubrificação).

Obs: peças rugosas se desgastam de forma muito mais acelerada que as demais peças.

Obs: a rugosidade deve ser muito menor que as tolerâncias dimensionais. Caso contrário, esta última se tornaria inútil.



→ Parâmetro de Rugsidade



$$Ra = \frac{\text{Soma das áreas das sulcos e erisíblos (pico)}}{\text{n}} \text{ valor absoluto}$$

Vantagem do Ra: é o mais utilizado no mundo  
Rugosidade média.

Obs: no desenho devemos colocar a rugosidade média e usar a rugosidade máxima e total para complementar essa informação.

Desvantagem do Ra: impossibilidade de determinar a forma da pista de rugosidade; valor não representa uma média, portanto, uma regularidade atípica não causará grande influência na magnitude da média, passando despercebida.

Ry = maior valor das rugosidades parciais que se apresentam no percurso de medição (considerar cada le). da sup.

Vantagem do Ry: informa a máxima deterioração do material em 1 m. Rugosidade máxima.

Desvantagem do Ry: nem todos os equipamentos de medição fornecem este parâmetro; pode dar uma imagem errada da condição da sup. (qualquer erro que não represente a superfície).

- $R_t$ : corresponde à distância vertical entre o pico mais alto e o vale mais profundo no comprimento total da aveludagem.

Obs: o  $R_t$  é mais rígido que o  $R_g$ , pois considera todo o  $\Delta h$  e não apenas o comprimento de amortecimento ( $L_f$ ).

→ Definições:

(1) Sup. Geométrica: é a superfície ideal prescrita no projeto, sem erros de forma.

(2) Sup. Real: é a superfície resultante do processo empregado na fabricação da peça.

(3) Sup. Edelina: resultante do processo de medição da sup. real.

(4) Perfil Geométrico: é representado pela curva resultante da intersecção entre a superfície geométrica e um plano perpendicular a mesma.

(5) Perfil Real: é representado pela curva resultante da intersecção entre a superfície real e um plano perpendicular a mesma.

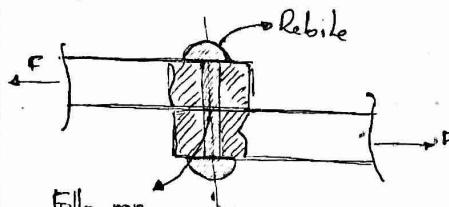
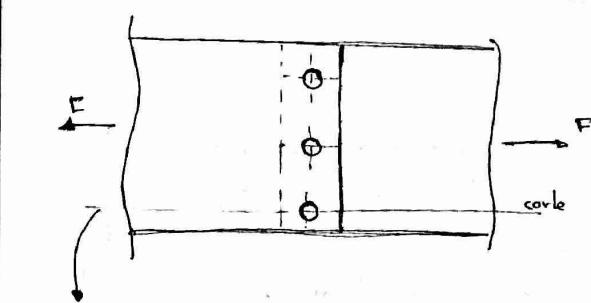
(6) Perfil Edelino: imagem obtida do perfil real, através da aplicação de alguns processos de medição.

(7) Perfil de rugosidade: imagem obtida a partir do perfil edelino, através da aplicação de algum processo de filtragem de ondulação.

→ Representação da rugosidade em desenho técnico:

valor da rugosidade ( $R_a$ ) → método de fabricação, tratamento  
ou revestimento  
ou classe ( $N_1, N_2$ ) → outros parâmetros de rugosidade  
ou comprimento de amortecimento  
sobreposta para  
usinagem → dimensão de estruras

transmissão de estresses entre elementos da união

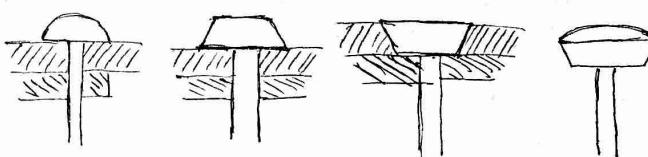


$$\text{Cisalhamento no rebite} = \frac{\text{Nº de Rebites}}{\frac{\pi d^2 \text{rebite}}{4}} \leq \text{Cademissível}$$

(Função da resistência do material do rebite)

Área da  
Sérgo Transversal do rebite

Tipos de rebite (screws):



Rebite usado na indústria aeronáutica. A cabeça não fica exposta de forma a não prejudicar a aerodinâmica da aeronave.

#### 4) Elementos e Métodos de Fixação

→ Classificação:

•) Uniões Desmontáveis ou Móveis: podem ser desfeitas com esforço sobre as peças unidas e/ou aos elementos de fixação.

Exemplo: rebites, adesivos, soldas parafusos, pinos, anéis elásticos

•) União Fixa ou Permanente: podem causar danos ou deformar as peças unidas e/ou aos elementos de fixação

Exemplo: rebites, adesivos, soldas

→ Rebites: o elemento de fixação (rebito) é montado em furos existentes nas peças a serem fixadas, sendo responsável pela

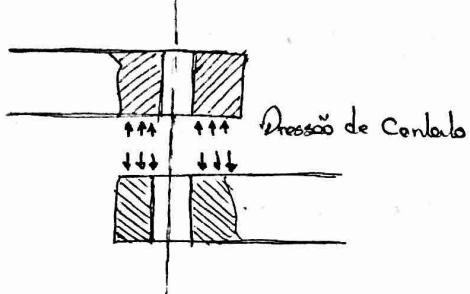
Obs: a indústria aeronáutica usa rebites, pois, assim como faz uma trinca com um dos elementos de união, o outro tem proteção já que não há junção física entre eles (apenas junção estrutural dada pelos rebites).

rebito par

→ Rebites de Expansão / Repuxo: bastante empregado em soluções estruturais. Não é necessário que tenhamos acesso aos dois lados, podemos confeccionar a segunda cabeca com um alicate ou bater uma haste. Não é usado em soluções estruturais, pois, a resistência mecânica é baixa (é conformado com a forma humana).

→ Rebite ligado à trinca: o rebite é inserido no furo na temperatura ambiente

↳ rebobagem à quente: o robile é inserido aquecido no furo, sendo que após a contragö do mesmo há um aumento na força de contragö entre os elementos unidos, ajudando a prevenir o desalinhamento.



Obs: a maioria dos robiles é montado à quente

Obs: os robiles sempre são unidos com uma pequena folga (rebobagem à quente eria a pressão de contato que compõe essa folga).

↳ vantagens:

- ) não necessita de mão-de-obra especializada.
- ) impõe a descontinuidade nos furos.

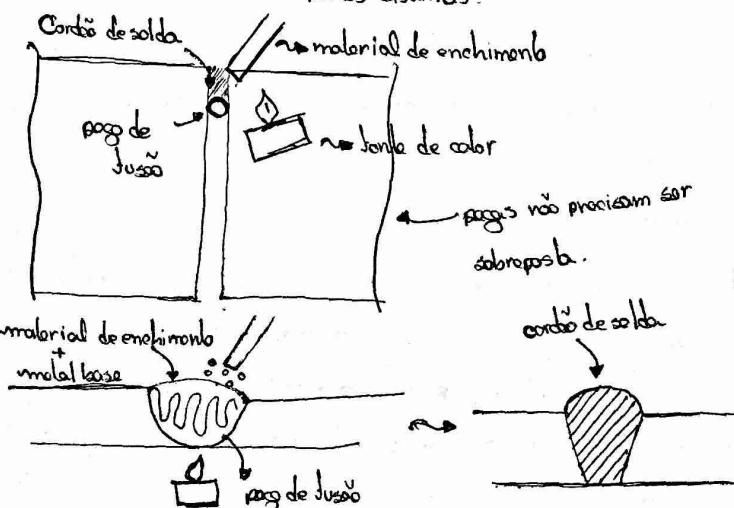
↳ só há junção física, portanto, evita a propagação de falhas.

↳ desvantagens:
 

- ) eventual ponto de desgaste ou corrosão
- ) introdução de pontos de concentração devido a presença de furos
- ) aumento do peso (peças sobrepostas)

## 6) Soldagem

def: o processo de união por soldagem envolve a fusão de um material de enchimento e/ou de material base, obtendo-se, a partir da solidificação dos materiais fundidos, uma peça contínua, através da união de duas partes distintas.



↳ tipos de soldagem:

•) Fusão do material base e de material de enchimento: o mais usado é o processo que mistura gás acetileno com oxigênio em um mangrício. A desvantagem é que o processo é muito lento.

↳ fusão por arco-elettrico: utiliza o calor gerado por um arco elétrico com origem no eletrodo e na superfície a ser soldada (eletricamente aquecida). O mais utilizado é o eletrodo revestido. Também são usados gases inertes (MIG) e/ou ativos (MAG) que impedem o contato da peça de fusão com a atmosfera, caso contrário haveriam explosões.

Obs: o eletrodo revestido, tem seu revestimento consumido formando um gás que protege o contato da peça com a atmosfera.

Obs: o eletrodo não consumido na solda → TIG

•) fusão apenas do material de enchimento: o material de enchimento possui um ponto de fusão inferior ao do metal base, e este é posicionado entre as peças a serem unidas. A junta é aquecida, levando fusão do material de enchimento, que por capilaridade escorre entre as peças a serem unidas.

↳ braçagem ou solda fraca.

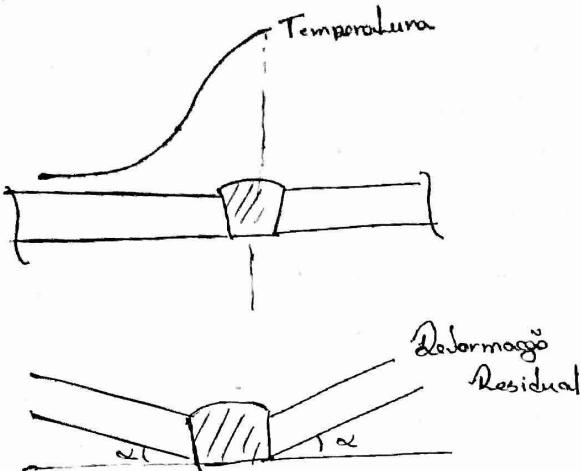
•) Não há material de enchimento, apenas o material base funde: utilizase feixe de elétrons ou raios laser, que causa a fusão das peças a serem unidas, formando uma peça de material ilopreto, garantindo a união entre as peças.

↳ vantagens: redução do peso da estrutura (união física)

- ) redução do tempo disponibilizado para fabricação de estrutura.
- ) eficiência mecânica da junta soldada é superior ao da união rebobada (não há furos e as tensões são distribuídas de maneira uniforme).
- ) praticamente não há limitação na espessura a ser soldada.

↳ desvantagens:

- ) sensibilidade do processo com relação aos materiais empregados na união.
- ) necessita de controle da qualidade bastante rigoroso
- ) devido ao aquecimento não uniforme ao longo do cordão de solda e das próprias peças a serem soldadas, o processo de soldagem introduz tensões térmicas e distorções, as quais podem afetar o desempenho mecânico da união.



Obs: processo para retirar a solda: caiusgo

7) Fixação por adesivos → não há grande concentração de tensão.

Após a instalação do adesivo, a peça ainda não está pronta para suportar carregamento mecânico (diferenciamento da solda e da rebatida). É necessário realizar o processo de cura.

único de materiais diferentes → reagir de polimerização  
passagem de líquido ao sólido

Preparação da superfície: devemos controlar a rugosidade para garantir uma boa adesão (do adesivo com a superfície). Também é necessário desengraxatar a superfície e eventualmente utilizar primers.

Obs: a adesiva tem resistência mecânica muito menor do que os componentes que são aderidos.

$$\text{Fadesivo} = \frac{F}{\text{Área de Adesivo}} \leq \text{Fadmissível} \quad \begin{matrix} \leftarrow \text{adesivo resistente} \\ \text{melhor ao isolamento} \end{matrix}$$

Para solucionar este problema devemos aumentar a área de adesão. Também devemos deixar alguma folga para que o adesivo não seja expulso. → Prever diâmetros para reduzir a tensão.

8) Fixação com desmontagem desmontagem → tempo de cura é alto para o adesivo e evitar brisos não uniformes

→ Tipos de rosas:

- Rosca Triangular: parafusos e porcas de fixação na união de peças.

- Rosca Trapezoidal, quadrada, circular e dentada de serra: transformam torque em força (transforma movimento de

movimento em movimento de translação).

→ Nomenclatura

avango: quanto a rosca se move quando roda em 360°



passo: distância entre dois filetes

Avango nem sempre é igual ao passo (depende do número de entradas).

$$\hookrightarrow \text{AVANCO} = (\text{Nº de entradas}) \times \text{passo}$$

Obs:

Rosca direita: quando se gira um sólido horário há um avanço da rosca.

Rosca esquerda: quando se gira no sentido horário a rosca "volta".

→ Classificação:

M8 x 25 - Rosca métrica

Diâmetro 8mm

Passo

Comprimento 25mm

Normal

M4 - Rosca métrica

Diâmetro 4mm

Passo

Normal

M4 x 0,5 - Rosca métrica

Diâmetro 4mm

Passo fino (0,5mm)

Completo: M8 x 0,5, 25

Obs: no passo fino há mais filetes por unidade de comprimento (filetes menores) possibilitando que mais torque seja transformado em "aperto." (menor avanço, maior torque, maior precisão).

1/2"-13 UNC: rosca padrão americano com diâmetro nominal de 0,5 polegadas, adensão grossa, com 13 filetes / fios por polegada.

1/2"-20 UNF: rosca padrão americano com diâmetro nominal de 0,5 polegadas, padrão fino, com 20 filetes / fios por polegada.

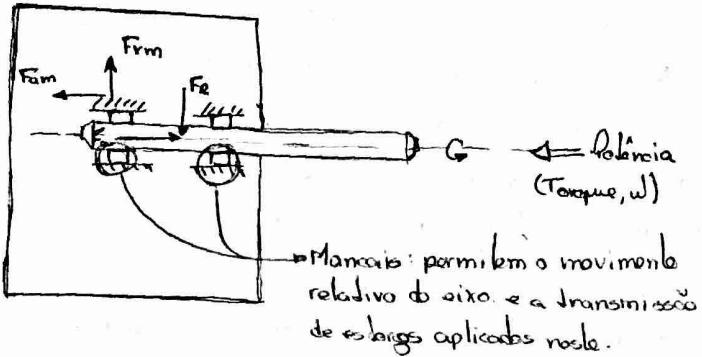
→ Tipos de Uniões:

- Para Juros Passantes: atravessam de lado a lado as peças a serem unidas, passando livremente uns juros. São utilizados porcas e arruelas.

- Para Juros não passantes: não utilizam porcas. O papel da porca é desempenhado pelo juro rescaldo, aloculado em uma das peças a serem unidas.

9) Mancais

def: o mancal é um elemento de máquina cuja função principal é vincular uma peça móvel (usualmente um eixo) à parte fixa do equipamento (estrutura), permitindo movimento relativo entre as partes acima citadas, bem como a transmissão de esforços entre as mesmas.

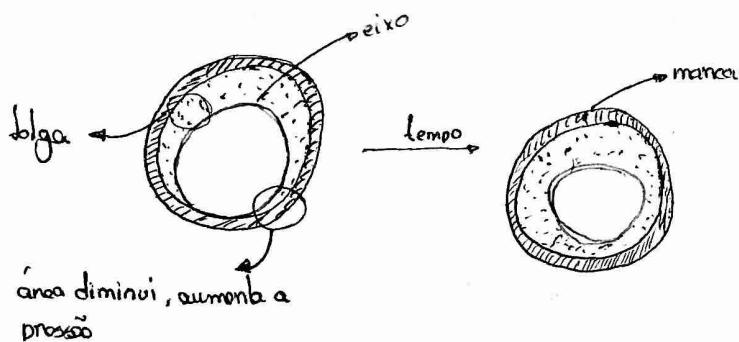


### → Classificação:

- (1) Quanto ao tipo de mov. relativo entre partes:
  - mancais de deslizamento:  $v_{rel} = \omega r$ , no ponto de contato
  - mancais de rolemento:  $v_{rel} = 0$ , no ponto de contato
- (2) Quanto ao tipo de carga resistida: radiais, axiais, mista
- (3) Quanto à mobilidade do mancal em relação à estrutura: rígidos, autocompensadores.
- (4) Quanto ao tipo de lubrificação empregada: a seco; lubrificação permanente (auto-lubrificante), lubrificação contínua.

→ Mancais de Deslizamento com óleo (hidrodinâmico)

def: pelo rolagão do eixo é formado um filme de óleo pela pressurização desse óleo. Assim o eixo perde o contato físico com o mancal.

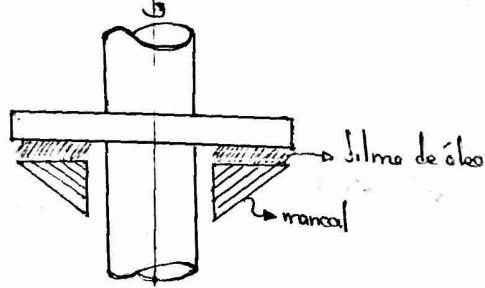


Obs: o eixo e o mancal nunca ficarão concêntricos. Pois, caso isso ocorresse a pressão se igualaria e o mancal entraria em contato com o eixo (em máquinas de grande porte, esse contato causa danos nas máquinas).

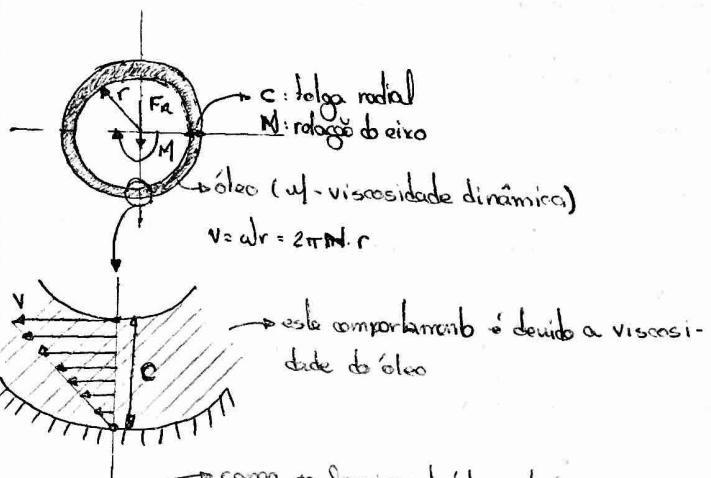
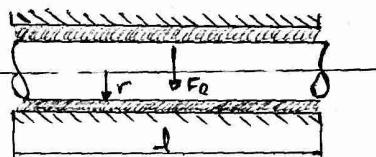
Obs: deve haver um escoamento de óleo, pois, com o passar do tempo este óleo vai aquecendo e a viscosidade diminui. O óleo quente sai deve ser reposado.

Note que o mancal acima só resiste a cargas na direção radial, pois, caso tivesse algum esforço axial sairia "voando". Um

mancal que resiste a cargas axiais é:



### • Determinação do coeficiente de atrito



como as laminas de óleo deslizam uma sobre a outra

$$\text{Cossialamento} = \frac{\eta}{c} \cdot \frac{V}{c} = \frac{\eta}{c} \cdot \frac{2\pi N r}{c}$$

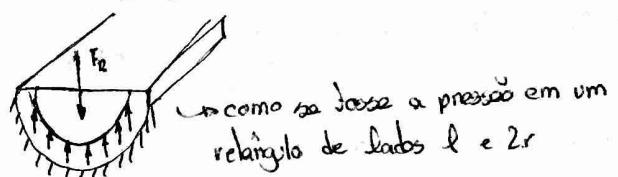
$$\begin{aligned} F_{\text{devido ao atrito do fluido}} &= Z \cdot 2\pi r l = \\ &= \eta \cdot \frac{2\pi N r}{c} \cdot 2\pi r l = \eta \frac{4\pi^2 N r^2 l}{c} \end{aligned}$$

gasta energia para criar o filme de óleo

$$T_{\text{devido ao atrito fluido}} = \frac{F_{\text{devido ao atrito fluido}} \cdot r}{\text{atrito fluido}} = \frac{\eta \cdot 4\pi^2 N r^3 l}{c} \quad (1)$$

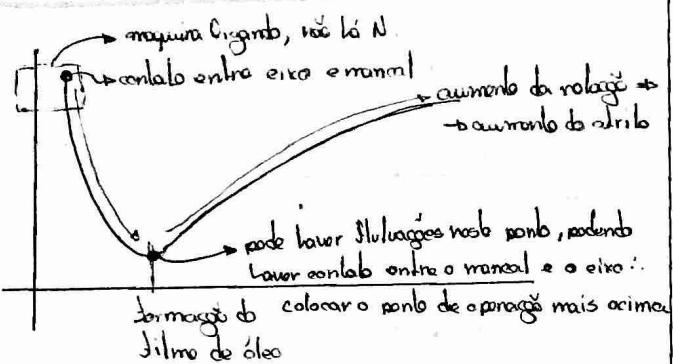
$$T_{\text{Atrito}} = f \cdot F_a \cdot r \rightarrow T_{\text{Atrito}} = f \cdot (\rho l 2r) r = f \rho l 2r^2 \quad (2)$$

atrito fluido  $F_a = \rho l \cdot 2r$ ,  $\rho$  é a pressão



$$\text{Igualando (1) e (2): } \frac{\eta \cdot 4\pi^2 N r^3 l}{c} = f \rho l 2r^2$$

$$f = \frac{\eta N}{\rho} \left( \frac{2\pi^2 N r^2}{c} \right) \rightarrow f = \frac{\eta N}{\rho} \left( \frac{2\pi^2 r^2}{c} \right)$$



Obs: mancal hidrostático → para diminuir ao máximo o atrito entre o mancal e o eixo, são colocadas bombas que mandam óleo pressurizado para que o filme de óleo seja formado. Isto ocorre com o eixo desligado. Após a elevação do eixo as bombas são desligadas e o eixo consegue a rotacionar.

• Tipos de Lubrificação: óleo e partículas freqüentes

→ Lubrificação Limite: o filme de óleo lubrificante não tem espessura suficiente para separar as superfícies do eixo e do mancal, havendo contato → sendo o coef de atrito elevado.

→ regime de transição

→ Lubrificação Mistra: a pressão de óleo é suficiente para sustentar parcialmente a carga, havendo a separação parcial das superfícies mas não o suficiente para evitar o contato metal-metálico.

→ Lubrificação Hidrodinâmica: ocorre a total separação entre as superfícies do eixo e do mancal, sendo a condição ideal de operação dos mancais hidrodinâmicos

• Ventagens:

- mais simples / baixo custo
- alta capacidade de carga
- atinge altas velocidades / rotações
- baixo ruído / vibrações

→ Mancais de deslizamento a ar (aerostáticos).

Def: a superfície entre o mancal e o eixo → é com-  
posto de ar, que servirá para separar o eixo e o mancal. O ar é injetado de forma pressurizada (semelhante ao óleo no mancal hidrostático).

→ este mancal é utilizado em máquinas que exigem alta rotaividade do eixo (a componente aerada juntou ao eixo precisa)

• roloamento axial de esfera:

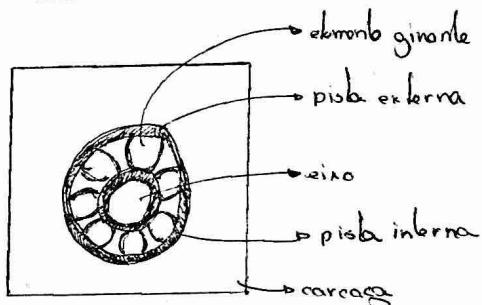
eixo consegue a ficar rígida com o aumento da rotação).

→ em máquinas que exijam grandes estórgos do eixo e que consequentemente grandes cargas são aplicadas sobre este, não é recomendado a utilização de materiais aerostáticos → pois pode haver danos ao eixo.

• Vantagens:

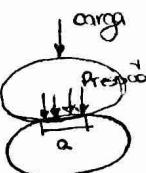
- atrito de partícula nula e atrito viscoso muito pequeno
- gerador de calor desprezível, mesmo em altas velocidades
- ausência de desgaste, pois as peças do mancal não estão em contato
- possibilidade de ser usado onde a contaminação dos materiais deve ser evitada
- não há necessidade de equipamentos para coleta e uso posterior.

→ Mancais de Rolamento



Obs: atrito de rolamento é menor que o atrito de deslizamento. Portanto, os mancais de rolamento trabalham com menor atrito que os mancais de deslizamento.

• Transmissão de força



No roloamento estérico a área de contato é menor portanto os rolos aguentam maiores cargas, pois, a distribuição de tensões é menor.

Obs: roloamentos rígido são aqueles que as esteras ou os rolos são abraçados pelas pistas → resistem bem a estórgos axiais.

• os mancais devem ser lubrificados para que a temperatura seja controlada e o mancal continue funcionando.