

PROJETO DO PROCESSO DE
FABRICAÇÃO DE UM MECANISMO
DE MOVIMENTAÇÃO DE LÂMINA
DA MOTONIVELADORA

AUTOR: MARIO PINTO MONTEIRO JR.

ORIENT. ETTORE BRESCIANI F.

1983

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

PROJETO MECÂNICO

* autor: MÁRIO PINTO MONTEIRO JR.

orientador: ETTORE BRESCIANI F.^o

PROJETO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DE UM MECANISMO DE
MOVIMENTAÇÃO DA LÂMINA DA MOTONIVELADORA

- Sumário	01
- I- Apresentação do Mecanismo	03
I-1 Desenho das peças	03
I-2 Especificações de Material	03
- II- Seleção do processo de fabricação dos	
componentes	09
II-1 Carcaça e Tampa	11
II-2 Eixo	12
II-3 Eixo	14
II-4 Engrenagem	15
II-5 Buchas	16
II-6 Pino	17
II-7 Outras Peças	19
- III- Planejamento do Processo de	
Fabricação	20
III-1 Sequência de Operações	20
III-2 Seleção de Máquinas	28
III-3 Detalhamento do Processo	34
III-4 Controle de Qualidade	54
III-5 Folhas de Operação	57
III-6 Fluxogramas	71
III-7 Montagem do Mecanismo	76
III-8 Arranjo Físico	78

- IV- Ferramentas e Dispositivos_____	81
- V- Conclusões_____	84
- Anexos:_____	85
Anexo 1 Desenho de Conjunto_____	86
Anexo 2 Desenho das Peças_____	87
Anexo 3 Desenho dos Dispositivos_____	98
Anexo 4 Lista de Ferramentas_____	107
- Bibliografia_____	109

- 1983 -

SUMÁRIO:

Em nosso trabalho, apresentaremos o planejamento do processo de fabricação de um conjunto de peças denominado mecanismo de movimentação da lâmina de uma motoniveladora.

O objetivo principal do trabalho é chegarmos à um fluxograma final para cada peça, às folhas de operação e ao fluxograma de montagem.

Para isso, teremos que desenvolver diversos temas relacionados com a fabricação das peças do mecanismo. Sendo assim, temos que fazer uma apresentação detalhada das peças e selecionar o processo ótimo e a sequência ideal para a fabricação das mesmas. Temos também que selecionar as máquinas, instrumentos e ferramentas; e, calcular forças, potências e velocidades envolvidas nos processos.

Vamos também indicar o processo de controle de qualidade para as peças e muitas outras coisas que se relacionam direta ou indiretamente com a produção de cada peça.

Nossa meta, todo o tempo será obter as peças conforme a especificação requerida, do modo mais simples e barato.

Consideramos isso de importância vital para as empresas, principalmente numa época de crise como a que atualmente vivemos, onde muitas empresas preferem investir seu capital em operações financeiras, deixando a produção para segundo plano. Portanto concluímos que baratear o custo de fabricação também é um meio de voltar os olhares das empresas para a produção, aumentando a porcentagem de lucro da mesma, em comparação com as operações financeiras.

Outro objetivo do projeto é tomarmos maior contacto com os materiais de construção mecânica e com os processos de fabricação.

O conjunto de peças que vamos analisar pertence a um modelo de motoniveladora produzida por uma indústria multinacional de equipamentos para terraplanagem.

Portanto, ao desenvolvermos o projeto, vamos fazê-lo - considerando as características da empresa: uma montadora de máquinas e tratores.

Ou seja, faremos o trabalho em função de uma indústria que tem características de montadora: uma indústria que produz

peças a partir de matéria prima; que compra peças acabadas para montar em seus conjuntos; que compra peças semi-acabadas, processa e monta, etc.

Isso nos trará alguns pontos de discussão tais como: - os tipos de peças que devem ser comprados, fabricados; aproveitamento de máquinas; e muitos outros.

Portanto, achamos que o projeto será muito útil no sentido em que nos aprofundará em assuntos de tecnologia mecânica e testará nossa capacidade de coordenação e de organização, bem como nosso bom-senso e poder de decisão, qualificações essas, indispensáveis a um engenheiro que pretenda trabalhar na área de materiais e processos de fabricação.

I- APRESENTAÇÃO DO MECANISMO:

O mecanismo é uma caixa de engrenagens, projetado para se localizar na parte inferior de uma motoniveladora, com a função de transmitir o movimento de um eixo mestre para outro eixo que é responsável pela movimentação (giro) da pá da referida máquina.

A apresentação do mecanismo será feita através dos desenhos das peças e do conjunto e também através da especificação detalhada do material de cada peça.

É muito importante que se tenha em mãos as especificações, tanto dimensionais quanto de material, para que se possa obter ao final do processo a peça tal qual foi concebida. Também é importante termos as especificações para que possamos definir o controle de qualidade das peças e também definir os critérios de aprovação ou rejeição das peças.

Esses desenhos e especificações foram extraídos do fabricante da máquina.

I-1 Desenho das Peças:

O desenho que apresenta o conjunto do mecanismo está no anexo 1. Nele podemos observar o funcionamento e a função de cada peça.

Os desenhos individuais de cada peça encontram-se no anexo 2. Neles, podemos observar detalhadamente cada peça, com suas dimensões, formas e tolerâncias.

I-2 Especificações dos Materiais:

Apresentamos abaixo, os materiais envolvidos na fabricação do mecanismo, separadas por tipo de material e por peças.

I-2.1 Carcaça e Tampa (peças nºs 1 e 2):

O material dessas peças é o ferro fundido cinzento, especificado pelas normas ASTM como A159, classe G3000.

O material apresenta as seguintes características:

- Resistência à tração: 21,0 Kgf/mm² (mín.)
- Dureza: 245 HB
- Teor de Fósforo: 0,15% máx.
- Espessuras de parede: Segundo a norma, esse material permite seções planas variando entre 6 mm e 16 mm.
- Microestrutura: Grafita predominante deve ser ASTM A 247 tipo A, tamanho 3 a 6. A matriz deve consistir de perlita, com ferrita permitida até os limites de resistência à tração. Carbonetos livres não devem exceder 5%, uniformemente distribuídos.

I-2.2 Eixo (peça nº 3):

Esse eixo deve ser confeccionado em aço de baixo-médio carbono, adequado à cementação e têmpera em água ou carbonitretação e têmpera em óleo, visando-se obter máxima dureza. O material deve obedecer à especificação SAE 1019, apresentando as seguintes características:

- Composição Química: Carbono: 0,15 - 0,20%
Fósforo: 0,04% máx.
Enxofre: 0,05% máx.
Silício: 0,15 - 0,35%
Manganês: 0,70 - 1,0%
- Resistência à tração: 41,5 Kgf/mm² (sem tratam. térmico)
82,6 Kgf/mm² (com tratam. térmico)
- Dureza: 115 HB (sem trat. térmico)
23 HRC (com trat. térmico)
- Microestrutura: tamanho de grão ASTM E112 nº 5 ou mais fino.

I-2.3 Eixo (peça nº 4):

Esta peça será fabricada a partir de um aço com médio teor de carbono. Suas características são semelhantes às do SAE 1045. São elas:

- Composição Química: Carbono: 0,18 - 0,24%
Fósforo: 0,04% máx.
Enxofre: 0,05% máx.

Silício: 0,15 - 0,35%

Manganês: 0,60 - 0,90%

- Resistência à tração: 56,0 Kgf/mm² (sem trat. térmico)
85,5 Kgf/mm² (com trat. térmico)
- Dureza: 157 HB (sem trat. térmico)
- Microestrutura: Tamanho de grão ASTM E112 nº 5 ou mais fino

I-2.4 Engrenagem (peça nº 5):

A engrenagem será fabricada em um aço de baixo carbono e médio manganês, conveniente ao tratamento térmico para endurecimento de superfícies. É um tipo de aço adequado para processos de conformação à quente e equivale à especificação SAE 1524, tendo as seguintes características:

- Composição Química: Carbono: 0,18 - 0,24%
Fósforo: 0,04% máx.
Enxofre: 0,05% máx.
Silício: 0,15 - 0,30%
Manganês: 1,35 - 1,65%
- Resistência à tração: 44,1 Kgf/mm² (sem trat. térmico)
111,0 Kgf/mm² (com trat. térmico)
- Dureza: 34 HRC (após trat. térmico)
- Microestrutura: Tamanho de grão ASTM E112 nº 5 ou mais fino.

I-2.5 Chaveta (peça nº 6):

A chaveta será feita a partir de um aço liga destinado à altas durezas. Trata-se de um aço semelhante ao especificado - pela norma SAE 8630.

O material segue as seguintes características:

- Composição Química: Carbono: 0,28 - 0,33%
Fósforo: 0,04% máx.
Níquel: 0,4 - 0,6%
Molibdenio: 0,15 - 0,25%
Silício: 0,20 - 0,35%
Cromo: 0,40 - 0,60%
Manganês: 0,7 - 0,9%
- Dureza: 45,0 HRC após trat. térmico.
- Resistência à tração: 148 Kgf/mm² após trat. térmico.

I-2.6 Junta (peça nº 7):

Esse elemento de vedação será fabricado de fibra de asbesto de média compressibilidade, especificação ASTM D 471 ou

D 484, apresentando:

- Resistencia à tração: 1,40 Kgf/mm²
- Recuperação: 40% mín.
- Compressibilidade: 25% a 34,5 MPa
13% a 6,90 MPa
- Temperatura de trabalho: 150°C máx.
- obs: O material deve ser revestido por fluido anti-aderente.

I-2.7 Pino (peça nº 8):

O pino será confeccionado em aço de baixo carbono, apresentando fácil usinagem e destinado a bom acabamento superficial. Esse aço é especificado pela norma SAE 1213 ou SAE 1215 e tem as seguintes propriedades:

- Composição Química: Carbono: 0,09% máximo
Manganês: 0,75 - 1,05%
Silício: 0,10% máx.
Fósforo: 0,04% máx.
Enxofre: 0,26 - 0,35%
- Resistencia à tração: 33,5 Kgf/mm²
- Dureza: 90 a 95 HB

I-2.8 Parafusos (peças nºs 9 e 15):

Estas peças serão fabricadas a partir de aço carbono - do tipo SAE 1035 ou SAE 1038, tendo as seguintes características:

- Composição química: Carbono: 0,55% máx.
Fósforo: 0,04% máx.
Enxofre: 0,05% máx.
- Resistencia à Tração: 105 Kgf/mm² (após trat. térmico)
- Dureza: 33 a 39 HRC
- Microestrutura: granulação ASTM 112, nº5 ou mais fino.

I-2.9 Arruelas de Pressão (peças nºs 10, 16 e 17):

Serão confeccionadas em aço carbono especial para molas e arruelas, com especificação similar ao aço SAE 1060.

As características do material são:

- Composição Química: Carbono: 0,55 - 0,65%
Fósforo: 0,04% máx.
Enxofre: 0,05% máx.
Manganês: 0,6 - 0,9%
Silício: 0,15 - 0,30%

- Resistencia à Tração: 145 kgf/mm^2
- Dureza: 45 - 53 HRC
- Microestrutura: granulação ASTM E 112 nº 5 ou mais fino.

I-2.10 Anel (peça nº 11):

Esta peça deve ser feita de borracha resistente à água e óleo.

É especificado pela norma ASTM D573 ou ASTM D763. Tem como características:

- + Temperatura de Trabalho: compreendida entre -47°C e 107°C
- Alongamento: 350%
- Módulo de Elasticidade: $3,1 \text{ MPa/mm}$

I-2.11 Buchas (peças nºs 12 e 13):

Essas peças serão fabricadas em liga fundida de bronze ao estanho com alto teor de chumbo, especial para mancais de cargas leves.

É um material especificado pela norma SAE J462a, liga CA 935, com as seguintes características:

- Composição Química:
 - Cobre: 83 - 86%
 - Estanho: 4,5 - 6,0%
 - Chumbo: 8 - 10%
 - Ferro: 0,2% máx.
 - Fósforo: 0,05% máx.
 - Alumínio: 0,005% máx.
 - Zinco: 2,0% máx.
 - Silício: 0,005% máx.
- Resistencia à Tração: $17,5 \text{ Kg/mm}^2$
- Dureza: 55 - 70 HRE (material usinado)

I-2.12 Outras Peças:

- Bujão (peça nº 14): Aço resistente à corrosão, aço inoxidável, especificação AISI 430.
- Porca (peça nº 18): Aço carbono, especificado pela norma SAE 1108 ou SAE 1018, com dureza 85 HRB, e resistencia à tração 56 Kg/mm^2 .
- Válvula (peça nº 19): Trata-se de um pequeno conjunto, formado de diversos materiais, como aço carbono, aço para molas, etc.

- Fixador (peça nº 20): Esta peça é feita em latão, especificado pela norma SAE CA360
 - Retentor (peça nº 21): Como é sabido, um retentor é composto por diversos materiais, como aço, plástico, etc.
-

OBSE RVACÃO:

Notadamente em alguns casos, foram omitidos maiores detalhes sobre as especificações e características dos materiais utilizados. Isso ocorreu em peças como as dos itens I-2.6, I-2.9 I-2.10, I-2.12 e outros, e deve-se exclusivamente à uma observação das características das próprias peças e de seus materiais.

Essas peças, são consideradas de antemão como peças que serão fabricadas fora de indústria, por fabricantes especializados. Numa indústria tipo "montadora" como a que se refere este trabalho, não há sentido em verticalizar a produção com esses tipos de peças.

Posteriormente abordaremos o assunto com maior profundidade.

II- SELEÇÃO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO DOS COMPONENTES:

Neste ponto do projeto, é que vamos começar a definir qual a sequência ótima de processos e operações para atender à fabricação de cada peça.

Basicamente, temos que nos fixar em dois importantes - requisitos:

- As peças devem ter a qualidade exigida pelo desenho.
- O método ou processo de fabricação deve ter o menor custo possível.

Naturalmente as duas condições são antagônicas, portanto temos que encontrar a solução de menor custo, porém, que conceda a qualidade requerida à peça.

Para decidirmos por um ou outro processo, utilizaremos a chamada "Técnica de Análise de Valores". Essa técnica consiste basicamente em formas de tratamento organizado para um problema, que no nosso caso é: conferir qualidade e desempenho a uma peça, com o menor custo de fabricação possível.

O processo consiste em se obter um máximo de informações e analisá-las, para averiguar seu real benefício na solução do problema. De posse disso, deve-se utilizar a criatividade para encontrar a solução, e o senso crítico para julgar os resultados obtidos.

Temos portanto três questões para responder:

- Quais as características do componente analisado?
- Quais as maneiras de fabricá-lo?
- Qual a maneira que se apresenta ótima?

Para responder a essas perguntas, vamos utilizar dois procedimentos basicamente semelhantes e que de certa forma se complementam. Procedimentos esses, exibidos em "Princípios da Técnica de Análise de Valores Aplicados à Seleção de Materiais e Processos de Fabricação Mecânica" (3) e em "Critérios para Escolha de Processos de Fabricação de Peças Metálicas" (4).

Os métodos e sua utilização estão bastante detalhados nas duas bibliografias citadas. Portanto não faremos uma exposi-

ção maior dos mesmos.

Esses métodos levam em conta o número de peças produzidas, as tolerancias exigidas, o tamanho e a forma das peças; comparando diversos tipos de processos de fabricação.

Utilizaremos esses métodos para uma primeira definição de um ou mais processos de fabricação para cada peça.

Posteriormente, analisando com mais profundidade as tolerancias, as formas, os materiais e as máquinas envolvidas, daremos uma definição para o processo e sua sequencia. Mesmo assim, essa definição poderá estar sujeita à mudanças no momento em que fizermos o "Planejamento do Processo" (item III).

Até o momento, não tínhamos nos pronunciado sobre a sequência das operações. Naturalmente a sequência é sobremaneira importante, visto que existem operações que necessariamente devem ser realizadas antes de outras, para que não cheguemos à sequências que deformem a peça ou que impossibilitem a realização de alguma operação, inutilizando a peça.

Isso é muito comum em casos que envolvem grandes esforços de corte ou conformação, ou ainda tratamento térmico.

Uma outra coisa importante que deveremos considerar, é a hipótese de mudança de material da peça em função de dificuldades de processo, ou de menor custo de processo, ou até de impossibilidade de se processar materiais em determinadas condições.

É óbvio que alguns materiais requerem processos únicos. É o caso de sinterizados, ou de ferro e aço fundidos por exemplo. Teremos portanto que considerar essas restrições também.

Já nesta fase do projeto, distinguiremos as peças que serão fabricadas e as que serão adquiridas junto a fornecedores, e utilizados apenas na montagem do conjunto.

Como já foi dito, os métodos utilizados referem-se à um certo volume de produção. Vamos considerar portanto uma demanda mensal de aproximadamente cem conjuntos do mecanismo, dado esse estráido da indústria.

Em sequencia, analisaremos os processos das peças, em alguns casos agrupando peças devido à semelhanças geométricas ou de material:

II-1 Carcaca e Tampa (peças nºs 1 e 2):

Por serem peças complementares e de material semelhante, estudaremos seus processos em conjunto.

Considerando o material especificado (ferro fundido - cinzento), estaríamos limitados inicialmente ao processo de fundição.

Poderíamos pesquisar outros processos ou materiais, porém uma rápida análise mostra que:

- Um processo de conformação por pressão ou por remoção de cavaco se mostra incompatível com as formas da peça.

- Materiais em ligas de alumínio e zamac apresentam um custo muito elevado de produção para a quantidade envolvida. Correndo-se ainda o risco do material não resistir à solicitação de trabalho.

Numa análise rápida utilizando-se a técnica de Análise de Valores, chega-se a quatro alternativas:

- Fundição em areia com usinagem posterior
- Fundição em casca com usinagem posterior
- Fundição de precisão com usinagem posterior
- Fundição em molde permanente com usinagem posterior

Sendo que as duas primeiras se apresentam bem menos custosas.

Considerando os custos e as características dos quatro processos, adotaremos a primeira alternativa, ou seja, fundição em areia.

Sabendo que a fundição já nos fornece a peça com os furos vazados, e verificando no desenho as superfícies que serão usinadas, chegamos à conclusão que essas peças provavelmente serão usinadas em frezadoras, furadeiras ou centros de usinagem automáticos.

A princípio vamos optar pela usinagem em frezadoras - com comando numérico e furadeiras. Essa é uma escolha preliminar pois numa grande indústria, ao escolhermos uma máquina, devemos levar em conta uma série de fatores que serão discutidos posteriormente, nos itens que selecionaremos as máquinas e detalharemos o processo.

Para proceder a usinagem da carcaça e da tampa, natu--

ralmente necessitaremos de alguns "dispositivos de usinagem", - para fixação da peça, ferramenta, etc.

Se tivermos disponibilidade de utilizar um centro de usinagem com comando numérico, poderemos suprimir alguns dispositivos, devido às características da máquina.

Considerando as características da empresa descritas - no "sumário", é óbvio que as peças fundidas serão adquiridas jun- to a um fornecedor, especializado no processo.

Isso gera alguns procedimentos de rotina como: compro- var a qualidade das peças fornecidas, estocá-las, protege-las, - etc.

O fluxograma abaixo mostra o processo de fabricação em linhas gerais para essas peças. Posteriormente será apresentado um fluxograma mais completo e detalhado.

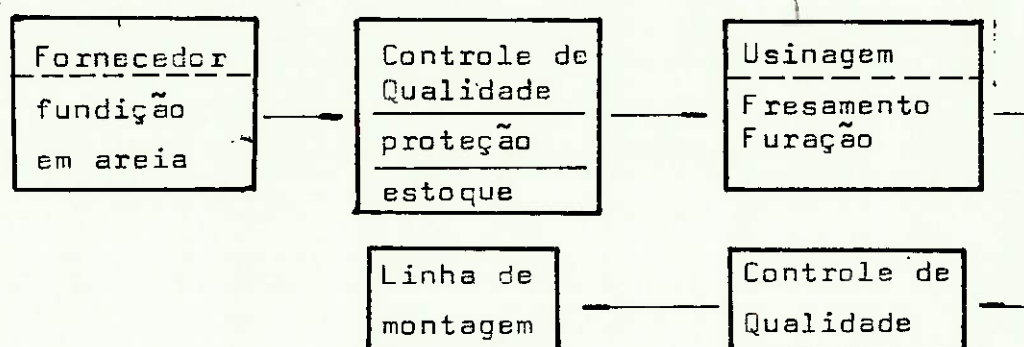


Fig 1: fluxograma preliminar para carcaça e tampa

II-2 Eixo (peça nº 3):

Nesta peça, não temos como na anterior uma restrição - de processo imposta pelo material. Porém, as formas da peça suje- rem que um processo viável seria a usinagem a partir de barras.

Mesmo assim, utilizamos a análise de valores para deci- dir sobre esse processo, chegando a tres possíveis soluções:

- Torneamento em torno mecânico (torno universal)
- Torneamento em torno revolver automático
- Torneamento em torno automático com comando numérico

Analisando algumas características das máquinas acima, podemos chegar à conclusão sobre qual é a mais adequada.

De início, observando as tolerâncias da peça, notamos que a primeira opção não se adapta adequadamente, pois estaríamos sujeitos a um índice de rejeição de peças alto e um tempo de fabricação excessivo.

Restam-nos os tornos revolver e com comando numérico. A princípio pode parecer que o torno com comando numérico possa encarecer demais o processo. Porém, dependendo da disponibilidade da máquina, o torno automático com comando numérico parece a melhor solução.

Continuando uma análise do desenho, verificamos que a peça necessita de rasgos de chaveta e rosca. A rosca é feita sem problemas pelo torno citado, porém o rasgo terá que ser fresado.

O desenho também pede uma superfície retificada. Portanto uma operação de retificação deverá integrar o processo dessa peça.

Outro detalhe importante é que a barra precisa ser cortada para que o processo seja alimentado. Isso deverá ser feito em tornos do tipo "cut-off", por diversos motivos, entre eles: a diversidade de peças fabricadas por esse torno, e também por uma dificuldade de espaço para alimentação em barras inteiras, visto que esses tornos geralmente se localizam entre outras máquinas.

Geralmente nas indústrias, instalam-se esses tornos tipo "cut-off" próximo ao estoque de barras de aço, instalando-se também uma linha de rolos para alimentação das máquinas. A instalação dessa linha próxima ao torno com comando numérico, pode resultar numa desagradável perda de espaço útil na fábrica, se o torno estiver localizado em locais impróprios, criando inclusive um incomodo manuseio de barras pela fábrica.

O desenho da peça também pede tratamento térmico na peça. Esse tratamento geralmente é feito antes da operação de retificação.

Abaixo, segue o fluxograma preliminar para o eixo.

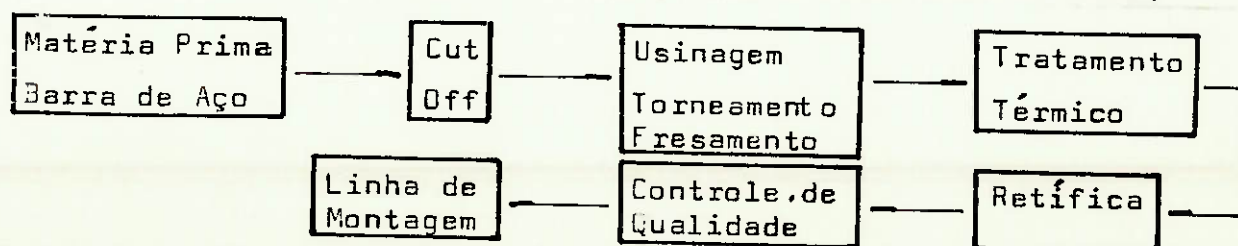


Fig 2: fluxograma preliminar para o eixo.

II-3 Eixo (peça nº 4):

Aplicando a técnica de análise de valores encontramos dois processos adequados para esta peça:

- Torneamento em torno revolver e fresamento
- Torneamento em torno automático com comando numérico e fresamento.

Isso já era de se esperar, principalmente considerando que em linhas gerais esse eixo apresenta alguma semelhança com o anterior.

Porém neste caso optaremos pelo torno revolver. A explicação é bastante simples: Visto que os dois processos são satisfatórios; que o processo com comando numérico é mais custoso; e finalmente considerando as medidas e tolerancias que serão torneadas, optamos pelo torno revolver.

Poderíamos ter uma dúvida então quanto o porque dessa diferença de processos entre os dois eixos. Mas, utilizando o poder de observação e o bom-senso, verificamos que as superfícies "torneadas" do eixo anterior (peça nº 3) são mais complexas que o eixo em questão, embora o contrário se dê quando consideramos a peça acabada.

Sendo assim, não temos dúvidas sobre os processos de ambos os eixos, mesmo sabendo que outros projetistas poderiam optar justamente pelo contrário. Essa é uma decisão bastante pessoal e que depende muito das características do projetista.

Como no outro eixo, a matéria prima será aço em barras, que deverá ser cortado antes de seguir processo.

O desenho também pede rasgos de chaveta e rasgos em forma de entalhado numa das extremidades. Portanto, após o torneamento o eixo deverá ser fresado.

Além disso, existe uma superfície que deverá ser retificada. Antes disso, visto que a especificação requer tratamento térmico, essa operação será feita.

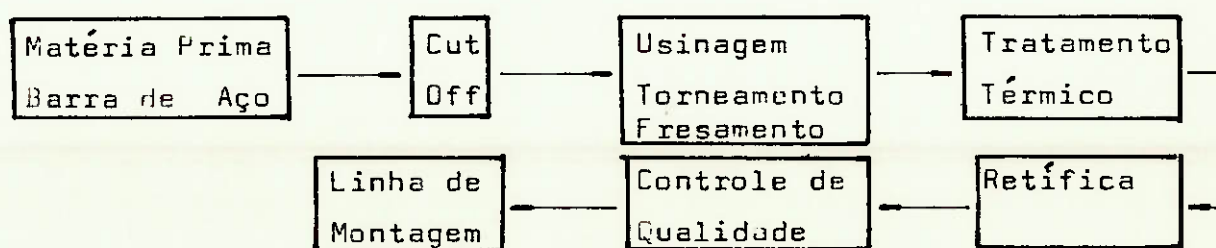


fig 3: fluxograma preliminar para o eixo.

II-4 Engrenagem (peça nº 5)

A princípio, o material especificado para essa peça se apresenta como uma restrição ao processo, pois o aço SAE 1524 é um tipo de aço próprio para conformação mecânica à quente, principalmente para o forjamento.

Porém, ao aplicar a Técnica de análise de valores encontramos os seguintes processos;

- Fundição em areia com posterior usinagem
- Forjamento com usinagem posterior
- Usinagem a partir de barras

Logo de início, percebemos que a terceira opção seria inviável devido apresentar grande perda de material.

Se quisermos adotar a primeira opção (fundição), mais barata, teremos que solicitar ao "departamento de projeto de produto" da empresa que altere o material para um aço mais apropriado à fundição, mantendo os requisitos de resistência. Para a engrenagem, poderia ser um aço para fundição ao manganês, que é muito bom para fundição e apresenta alta resistência ao desgaste quando temperado (esse aço é conhecido como "Hadfield").

Porém, se verificarmos mais detalhadamente o desenho, vemos raios de arredondamento difíceis de serem conseguidos por processos de fundição. Isso acarretaria operações de usinagem complementares, o que encareceria o processo.

Logo, restou-nos o processo de forjamento. Esse processo, por envolver maquinaria e ferramentas especiais, será feito por um fornecedor. Sendo assim, o blanke ou bolacha será adquirido de um fornecedor e os dentes serão usinados na indústria.

Sabemos que a usinagem dos dentes de uma engrenagem pode ser feita basicamente por fresas "módulo" com perfil evolvente, ou por fresas tipo "caracol" em máquinas que geram o perfil evolvente dos dentes.

Os processos de geração de perfil são mais precisos, embora o equipamento seja mais caro. Porém, sabendo que a indústria já possui o equipamento, adotaremos esse processo.

O forjado, antes de ser usinado, deve sofrer tratamento térmico de normalização para refinar a granulação, uniformi--

zar a micro-estrutura e aliviar tensões provenientes do forjamento.

Algumas operações extras como torneamento, abertura de rasgos de chaveta, etc, também serão necessárias.

Provavelmente para se conseguir a qualidade específica da nos dentes, precisaremos também de uma operação de acabamento (shave).

Finalmente a engrenagem sofrerá tratamento de têmpera superficial para endurecimento dos dentes.

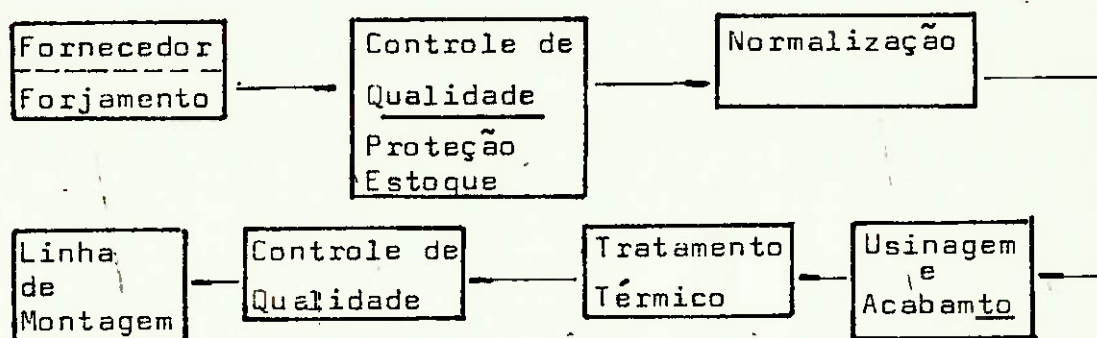


fig 4: fluxograma preliminar para a engrenagem.

II-5 Buchas (peças nºs 12 e 13)

Visto que essas peças são confeccionadas com material de mesma especificação e também que suas formas e dimensões são bastante semelhantes, vamos tratá-las juntas.

A princípio, notamos que existe uma imposição de processo nas especificações do material, visto que esta é uma liga fundida de bronze.

Poderíamos no entanto cogitar em fabricar as peças a partir de barras ou de tubos, usinando-as.

Porém, surjem alguns problemas. Se tentarmos usinar o material a partir de barras, a técnica de análise de valores nos diz que esse processo nos seria custoso e acarretaria num enorme desperdício de material.

Por outro lado, a usinagem a partir de tubos mostra-se inviável pelo fato de que dificilmente acharemos no mercado tubos de bronze com as especificações de composição e metalúrgicas requeridas.

Poderíamos ainda pensar em sinterizar a peça, utilizando os recursos da metalurgia do pó. Entretanto, esse é um processo que só se mostra economicamente viável para uma quantidade de peças muito maior do que a que fabricaremos.

Portanto, resta-nos a fundição em bronze. Vamos optar pelo processo de fundição por centrifugação, porque a peça tem simetria axial, o que facilita o processo, e, porque esse processo, por pressionar o material fundente contra as paredes do molde, evita falhas de fundição desagradáveis no mancal. Esse processo também facilita a obtenção de paredes finas.

Além da fundição, as buchas precisarão ser usinadas, pois suas tolerâncias e formas finais não conseguem ser atingidas na fundição.

Naturalmente, devido novamente às características da indústria, a fundição por centrifugação será realizada por um fornecedor.

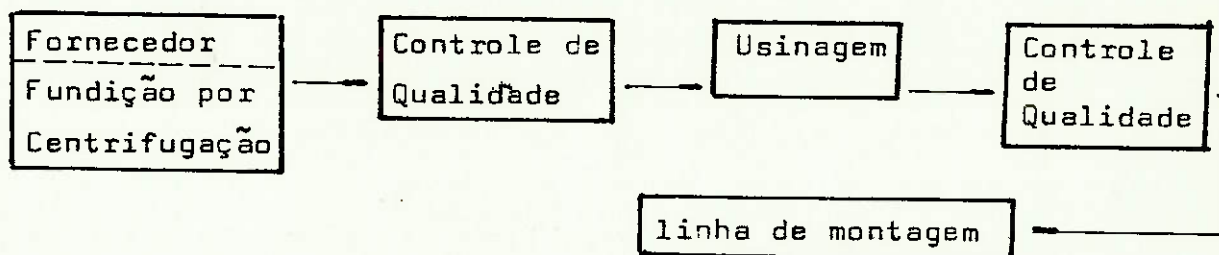


fig 5: fluxograma preliminar para as buchas.

II-6 Pino (peça nº 8):

Essa é uma peça de fabricação muito simples, que poderia até ser comprada de um fornecedor que a produza em grande escala.

Porém, por ser de simples fabricação podemos utilizá-la para preencher a carga de trabalho de um torno revolver qualquer.

A peça não apresenta nenhuma exigência muito especial, de modo que pode ser fabricada em torno revolver mecânico.

A matéria prima será barras de aço, e o torno revolver pode usinar completamente a peça, tornear, chanfrar e cortar; saindo a peça já acabada dessa máquina.

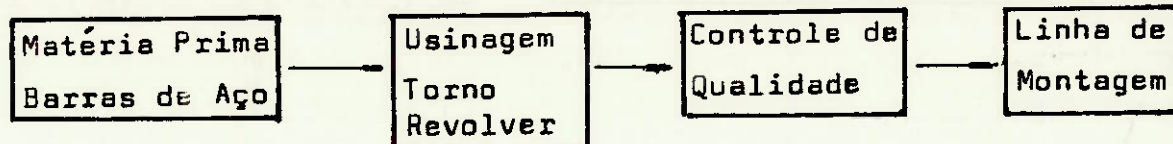


fig 6: fluxograma preliminar para o pino.

II-7 Outras Peças:

As demais peças, apresentam certas peculiaridades que nos levarão a optar por adquirir as peças já prontas de fornecedores e utilizadas na montagem do conjunto.

Cada peça apresenta um ou mais motivos para serem fabricadas por um fornecedor. Seja por processos particulares, ou por causa do material, etc..

Sem entrar muito em detalhes, vamos citar as peças e o motivo que nos levou à essa decisão.

- Chaveta: (pg. nº 6): É um tipo de peça muito utilizada na construção mecânica, e que tem um processo de fabricação que se torna barato quando utilizado para produzir grandes quantidades. Por isso, um fornecedor que trabalhe nessas condições - tem condições de fornecer a peça a um custo menor do que o custo de produção da mesma na indústria.

- No mesmo caso da chaveta, encontram-se inseridos os Parafusos, Porcas, e Arruelas (peças nºs 9, 10, 15, 16, 17 e 18)

- Junta (peça nº 7): Devido ao material, temos que recorrer à fabricantes especializados e com a maquinária apropriada para esse tipo de peça e material.

- Retentor (peça nº 21): É uma peça normalizada que se encontra com abundancia no mercado. Não se justifica portanto a tentativa de produzir essa peça, com certeza, por um custo mais elevado.

- Anel: (peça nº 11): Sendo feito de borracha, exige - equipamentos especiais para moldagem e instalações adequadas. - Portanto vamos optar pela compra.

- Bujão (peça nº 14): É uma peça que apresenta a estampagem profunda como melhor processo de fabricação. Como a indústria não possui equipamento especializado para essa operação,

a peça será fornecida por uma oficina especializada em estampagem, visto que a empresa também não tem um número de peças a serem fabricadas por esse processo, que justifique a aquisição de equipamentos.

- Válvula e Fixador (peças nºs 19 e 20): São peças particulares, de processo delicado e complexo. Um fornecedor especializado consegue nesse caso, um custo de produção muito menor do que o de uma indústria montadora.

III- PLANEJAMENTO DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO:

Visto que nos itens anteriores já definimos completamente as características de cada peça, e também já selecionamos um processo de fabricação que se mostra eficiente e economico para cada uma delas, vamos então proceder ao planejamento dos processos.

É nesse ponto que passamos a definir as sequências de operações; características das operações; especificar as máquinas e número de operários envolvidos; determinar tempos de fabricação; especificar o controle de qualidade para as peças; planejar a movimentação de materiais e o arranjo físico da fábrica, - etc..

É a hora de se escolher cada operação detalhadamente e submete-las à uma rigorosa análise, visando eliminar as desnecessárias, e chegar ao melhor método para execução das operações necessárias.

Para isso, utiliza-se várias ferramentas, tais como: - fluxogramas, relatórios de disponibilidade de máquinas, capacidade e características das máquinas, tabelas de tempos padrão, tabelas de avanço e velocidades, lay-out da fábrica, etc.

Tudo isso nos fará chegar a um resultado, chamado "folha de análise" ou "folha de operações", que é um quadro que informa a sequência das operações; sua descrição; máquinas e ferramentas utilizadas; velocidades e tempos; inspeções; etc.

Começaremos definindo a sequência de operações, selecionando as máquinas e assim por diante, até chegarmos às folhas de operação.

III-1 Sequencia de Operações:

O estabelecimento de uma sequencia para fabricação de uma peça depende de diversos fatores.

A peça em si, ou melhor, suas formas, já condicionam - muitas vezes uma sequência natural. Porém, muitos outros fatores estão envolvidos na determinação de uma sequência ótima para a

fabricação das peças. Chamamos a atenção mais uma vez que consideramos sequencia ótima a que nos leva a produzir as peças de maneira eficiente e a baixo custo.

Alguns dos fatores que influenciam na determinação da sequência ótima são: os tipos de operações que a peça deve sofrer, os tratamentos térmicos, a movimentação do material pela fábrica, o manuseio das peças durante as operações, a preparação das máquinas, e até as preferencias de cada projetista.

Naturalmente existem muitas limitações de natureza técnica, ou seja, operações que não podem ser feitas antes ou depois de outras, ou ainda operações que sendo feitas fora da sequência danificam a peça ou causam danos às máquinas.

Entretanto, o projetista deve sempre procurar estabelecer um processo que implique em menos manuseio por parte dos operadores durante as operações. Ou melhor, ele deve evitar que o operador tenha que trocar a peça de posição na máquina a cada operação, pois isso aumenta o tempo e consequentemente o custo final. Preferivelmente as mudanças de posição devem ser inerentes ao dispositivo de usinagem ou à máquina.

O projetista deve pensar sempre em realizar todas as operações possíveis na peça para uma dada posição, e só então mudá-la. Além disso, ele deve estabelecer maneiras para que as trocas sejam feitas com precisão, segurança e rapidez.

Pois, é pensando dessa maneira que vamos tentar estabelecer a sequência de cada peça. Todas as dimensões e pontos de referencia citados, referem-se aos desenhos de cada peça.

III-1.1 Carga (peça nº 1):

Como já foi esclarecido, a peça em seu estado bruto (fundido), será adquirida junto a um fornecedor, gerando operações de lavagem e proteção, a fim de evitar-se danos por oxidação nas peças brutas estocadas.

Portanto, as primeiras operações serão lavagem e fosfatização. Existem máquinas que já lavam e fosfatizam a peça. Cabe aqui ressaltar que a lavagem das peças é indispensável, visto que a proteção será feita através de pintura. É sabido que para

que a proteção seja eficiente, é necessário que a peça esteja totalmente livre de sujeiras e gorduras.

Já a fosfatização é um processo de tratamento de superfícies que serão pintadas, aumentando consideravelmente a resistência à corrosão. Consiste em um tratamento mediante uma solução de ácido fosfórico, tendo como resultado a formação de uma camada superficial de fosfato cristalino insolúvel.

As operações seguintes são consequentemente a pintura e estocagem das peças.

A usinagem começa por fresar-se a face "A", provavelmente numa fresadora universal, para que as próximas operações - sejam feitas numa máquina com comando numérico.

As próximas quatro operações serão feitas nessa mesma máquina: Primeiro, furar dois furos no diametro 7,95. Em seguida alargar (mandrilhar) dois furos para diametro 31,75. Há uma troca de ferramentas entre essas duas operações.

Ainda na mesma máquina, troca-se novamente a ferramenta e gira-se a peça de 180° para mandrilhar o diametro - 46,43 e chanfrar os cantos.

Acabado essa sequencia, trocaremos de máquina para fresar a base nas dimensões especificadas.

As proximas operações também serão feitas numa só máquina: Furar diametro 8,2; roscar esse furo; furar o diametro - 8,6; roscar esse furo; e finalmente roscar o furo de diametro - 18,0. Todas essas operações poderão ser feitas em uma furadeira radial, sem movimentar a peça, somente trocando as ferramentas.

Nessa mesma máquina, serão furados os quatro furos da base (diametro 14,25).

Após a usinagem a peça é levada para uma bancada para rebarbar os contornos das faces usinadas.

Feito isso, a peça está acabada, restando apenas lavar e olear para que as partes usinadas não se oxidem.

Observação: Cabe aqui ressaltar que a sequência foi escolhida, - tendo em mente usarmos certas máquinas e certos dispositivos e ferramentas. Porém ela não é definitiva, pois podemos encontrar problemas com as máquinas ou com o projeto dos dispositivos.

III-1.2 Tampa (peça nº 2):

A tampa, como já foi citado, será fundida em um fornecedor, a exemplo da carcaça.

Consequentemente, isso gera uma série de procedimentos como estocagem de material bruto, proteção contra oxidação e outros, já discutidos no item anterior quando tratamos da carcaça.

Portanto, a primeira operação que a peça sofrerá será a lavagem e fosfatização, e posteriormente pintura, pelos mesmos motivos já citados no item relativo à carcaça.

As operações de usinagem são as seguintes:

Primeiramente vamos fresar a face "A" numa fresadora universal. Em seguida, numa furadeira com comando numérico, vamos usinar os dois furos de diâmetro 7,962 mm. e furar os quatro furos de diâmetro 10,2 mm.

Em seguida, sem movimentar a peça, vamos usinar os dois furos de diâmetro 31,75 mm e fazer os chanfros.

Virando a peça, vamos chanfrar o outro lado desse furo.

Estando tudo isso feito, só resta rebarbar as faces fresadas e furadas e lavar e proteger a peça.

Embora a princípio parece que esta peça não requer um grau de precisão muito grande, optamos pela usinagem em máquinas com comando numérico pois a carcaça e a tampa são peças que se complementam e se encaixam. Por causa disso, a precisão de usinagem da tampa deve ser a mesma da carcaça.

Observação: Da mesma forma que ressaltamos para a carcaça, - cabe aqui dizer que esse processo acima depende das máquinas e dispositivos, podendo ainda ser modificado no decorrer do projeto.

Um exemplo disso seria a substituição da mandrilhadora com comando numérico por uma furadeira radial de coordenadas (com com. numér.).

III-1.3 Eixo (peça nº 3)

Para produzirmos esse eixo, vamos partir de uma barra de aço trefilado de diametro 1 1/8" , facilmente encontrada - no mercado.

A primeira operação será cortar a barra de aço em um comprimento 187,4 mm. (como já foi explicado, isso deverá ser feito em máquinas automáticas tipo "cut-off")

Depois disso, devemos facear e centrar a barra dos dois lados, deixando-a no comprimento definitivo de 184,2 mm.

O próximo passo é torneiar o diametro de 25 mm num comprimento de 133,3 mm., chanfrando já a extremidade do eixo.

Temos então um lado do eixo pronto. Muda-se então o eixo de lado para torneiar a outra ponta para o diametro 15,7 mm chanfrando também a extremidade. Depois disso, torneia-se a parte cônica e em seguida é feito o rasgo entre a rosca e a parte cônica. Ainda sem trocar o eixo de posição procede-se a abertura da rosca.

Todas as operações de torneamento acima podem ser feitas numa só máquina, desde que ela tenha um porta ferramenta - que possa acondicionar todas as ferramentas utilizadas. Provavelmente usaremos um torno com comando numérico que tenha um - castelo para quatro ou cinco ferramentas. Assim, o operador pode trocar de ferramentas entre as operações, retirando as que já foram utilizadas e colocando ferramentas que serão usadas em próximas operações.

É de praxe colocar-se uma proteção plástica na rosca para que esta não se danifique durante os processos seguintes, - seja por batidas ou por manuseio indevido.

Estando completadas as operações no torno, transfere-se a peça para uma frezadora, onde serão usinados os dois rasgos de chaveta.

Feito isso, a peça é levada para tratamento térmico, - para fazer tempera superficial e revenimento.

Após o tratamento, a peça deve ser retificada no comprimento indicado no desenho.

Observação: Geralmente as indústrias contratam os serviços de

outras para as operações de tratamento térmico, por motivos de equipamentos. Como a indústria a que se refere esse trabalho já possui um departamento de tratamentos térmicos de grande porte, essas operações serão feitas na própria indústria.

III-1.4 Eixo (peça nº 4):

Nesse eixo, a matéria prima também será um aço em barras, torneado e polido, diam. 25 mm. , diferindo do material do eixo nº 3 apenas quanto às especificações de material.

Nesse eixo, vamos aproveitar o torno que faz o " cut-off", para proceder as primeiras operações, visto que as mesmas são compatíveis com esse torno.

Primeiramente o torno deve topar a peça em 88,9 mm e centrar. Depois tornea-se o diâmetro 24,5mm no comprimento especificado. Rasga-se então os dois canais de diâmetro 23,5 mm. Deve-se chanfrar a extremidade também, mas somente na primeira peça da barra.

Então o torno deve topar a peça em 200,0 mm, chanfrar e cortar a barra. Essa operação chanfra a parte posterior da peça que está sendo cortada e também chanfra a parte inicial da próxima peça. Por isso que no parágrafo acima, especificamos somente para a primeira peça o chanfro, as outras peças são chanfradas juntamente com a sua antecedente.

Como esse corte em máquinas "cut-off" deixa uma ponta saliente no centro da barra, proveniente do rompimento do material, devemos rebarbar as peças numa esmerilhadora.

A próxima operação será de fresamento, ou seja, fresar o rasgo de chaveta.

Posteriormente serão cortadas as estrias e a peça sofrerá tratamento térmico de tempera superficial e revenimento.

O processo termina na retificação da parte especificada no desenho.

As estrias devem ser protegidas de forma semelhante à rosca do eixo anterior, visto que se trata de um encaixe de precisão, que pode causar problemas de montagem se for danificado.

III-1.5 Engrenagem (peça nº 5):

Como já foi observado, a peça será comprada na forma bruta (blanque ou bolacha) forjada.

A partir dessa peça, usinaremos a peça acabada. As primeiras operações são de torneamento: Primeiramente tornearemos o diametro externo da engrenagem (apenas para desbaste e limpeza). Em seguida vamos formar o furo para o eixo e chanfrar interna e externamente.

Feito isso, vamos retificar o diametro interno e em seguida vamos formar o rasgo de chaveta por intermedio de uma brochadeira. Vide observação no final deste item.

Só então vamos cortar os dentes e posteriormente rebarbar as superfícies usinadas. Principalmente os dentes.

A engrenagem então deve sofrer tratamento de tempera e revenimento.

Finalmente vamos proceder o "shaving", uma operação - para dar acabamento final nos dentes.

Obviamente o processo termina com a lavagem e proteção das peças.

Observação: O rasgo de chaveta será feito por uma brochadeira, porque a máquina e a ferramenta estão à disposição na indústria.

Como trata-se de uma indústria de grande porte, e que fabrica uma gama muito grande peças, temos facilidade em encontrar a brochadeira e a brocha adequada, pois existem muitas outras peças que necessitam desse tipo de rasgo.

O brochamento é o processo mais prático de se fazer um rasgo de chaveta. Porém, a máquina e a ferramenta tem preços sobremaneira elevados.

Portanto, só se justifica a aquisição do equipamento se um número muito elevado de peças necessitem ser rasgados.

Em outro tipo de indústria que não possua esse equipamento, seria melhor, ou pelo menos mais barato se fazer o rasgo numa fresadora ou em plainas (Se

bem que nessas máquinas tenhamos limitações quanto ao diametro do furo que receberá o rasgo.

III-1.6 Pino (peça nº 8):

A fabricação do pino é realmente bastante simples, envolvendo apenas uma máquina.

Com um torno revolver automático, podemos confeccionar a peça, sem problemas.

Utilizaremos como matéria prima, barras de aço trefilado de diametro $3/8"$.

Primeiramente, o torno deverá topar a peça no comprimento especificado e torneiar o diametro pedido no desenho.

Em seguida, trocando de ferramentas, é feito o chanfro na parte posterior da peça que foi usinada e o chanfro na parte anterior da peça que ainda será usinada. Depois disso, um "bedame" deve cortar a barra, deixando a peça no comprimento especificado.

Se for preciso, teremos que rebarbar a saliencia geralmente deixada pelo bedame.

A peça não exige tratamento térmico nem operação de retífica, portanto, o processo culmina na lavagem e proteção das peças usinadas.

III-1.7 Bucha (peça nº 12):

Como já foi visto, a bucha será fundida por centrifugação num fornecedor.

Esse tipo de peça porém, difere dos outros fundidos (carcaça e tampa) quanto à proteção para estocagem. Como a peça é feita de bronze, não há necessidade de protegê-las contra oxidação.

Entretanto o processo de fundição não satisfaz as tolerancias que o desenho especifica. Portanto, a peça deve ser usinada.

Primeiramente vamos facear um lado e virar a peça. Vamos então facear outro lado e chanfrar (o chanfro é só de um lado).

Ainda sem tirar a peça da placa do torno, vamos tornear o diâmetro interno e rasgar o canal de retenção de óleo.

Posteriormente, vamos tornear o diâmetro externo. Podemos tornear várias peças ao mesmo tempo, utilizando um dispositivo.

Por ser uma peça delicada e de certa precisão de montagem, deverá ser embalada, ou acondicionada em locais apropriados, para evitar danos.

III-1.8 Bucha (peça nº 13):

Essa outra bucha tem o processo idêntico ao da bucha anterior, somente mudando a usinagem.

O processo de usinagem será o seguinte: primeiramente vamos facear e chanfrar um lado.

Vamos então virar a peça e facear e chanfrar o outro. Em seguida, vamos tornear o diâmetro interno.

Posteriormente usinamos o diâmetro externo, utilizando um dispositivo para usinar várias peças ao mesmo tempo.

Como a outra bucha, esta também requer cuidados no manuseio e estocagem.

III-2 Seleção de Máquinas:

Visto que já temos em mãos a sequência de fabricação de cada peça, podemos saber quais as características necessárias à cada máquina para cada operação.

Tendo esses requisitos, poderemos determinar qual o tipo ideal de máquina para cada operação.

Embora ainda não tenhamos definido algumas caracteris

ticas importantes como forças, velocidades e potências de usinagem, vamos assim mesmo definir os tipos de máquinas que usaremos.

Pelo tipo de operação, tipo de material e dimensões da peça, já temos uma idéia sobre a magnitude dessas grandezas e dificilmente escolheremos uma máquina inadequada. Pode acontecer de escolhermos uma máquina superdimensionada e posteriormente teremos que escolher outra por motivos de economia. Toda via, procuraremos escolher máquinas que já se encontram instaladas na indústria, evitando a aquisição de máquinas novas. Como se trata de uma grande indústria, não teremos problemas na escolha dos equipamentos, pois temos um grande campo de escolha.

Para escolhermos uma máquina para fazer uma ou outra peça, temos que levar em consideração diversos fatores:

O primeiro fator a ser considerado diz respeito à compatibilidade entre a operação a ser executada e a máquina. Porém, não é só uma questão de verificar se a máquina pode executar tal operação. É necessário saber se ela pode fazê-lo com eficiência, no tempo certo e sem prejudicar sua vida útil.

Temos também que verificar se as potências exigidas nas operações são compatíveis com a potência da máquina e com sua rigidez, para não termos problemas com deformações na máquina ou perda de medida nas peças. Ainda nos dias de hoje acontecem casos de peças que durante sua usinagem chegam a deformar permanentemente o barramento da máquina, inutilizando a mesma para peças de maior precisão e fazendo com que se percam muitas peças rejeitadas no controle de qualidade.

Outro fator importante a ser analisado é o tipo de mecanismo que a máquina possui para prender a peça, ou melhor, os tipos de mecanismo que a máquina permite acoplar. Temos também que ver as posições relativas entre peça e ferramenta e os movimentos que a máquina possui.

Outras características secundárias, mas não de menor importância que temos que considerar são: os tipos de ferramenta que a máquina aceita; se a máquina troca ferramentas automaticamente; elementos e controles de segurança; movimentos da base ou do porta ferramenta; etc.

Considerando todos esses aspectos, vamos apresentar a baixo as máquinas escolhidas, suas características principais e as operações que vão executar:

Máquina: CNU-01

Características: Centro de usinagem com comando numérico, - programável por fita, com troca de ferramentas automática (capacidade para 15 ferramentas).

Motor de corrente contínua, 20 CV, rotações de 19 a 1508 rpm.

Porta ferramentas fixo horizontal, mesa com movimentos "x,y e z", através de comandos - hidráulicos.

Fabricante: Cincinnati - Milacron

Operações: Esta máquina usinará as 5 primeiras operações da carcaça.

Observação: Note-se que ao escolhermos essa máquina, mudamos o processo de fabricação da peça, que previa a primeira usinagem numa fresadora. Isso foi feito após analisar que seria mais interessante fazer as cinco operações numa só máquina, visto que não é preciso trocar a peça de posição.

Máquina: FUR-01

Características: Furadeira radial de coordenadas, dotada de comando numérico, programada por fita. Troca de ferramentas manual, porta ferramentas tipo "cone morse". Mesa com encaixes tipo T para dispositivos.

Potência: 14 HP, 18 rotações escalonadas: - 30; 38; 48;...;1200; 1500 (razão 1:1,25).

Fabricante: Oerlikon

Operações: Esta máquina realizará a usinagem dos furos da carcaça (exceto os usinados na CNU-01), e toda a usinagem da tampa, exceto a 1ª operação de faceamento.

Máquina: FRS-01

Características: Fresadora vertical semi automática. Mesa - com movimentos "x, y e z" e com encaixes tipo T.

Potência: 20 HP, 24 rotações escalonadas: 16; 19; 24; ...; 1325; 1600 (razão 1:1,20).

Encaixe de ferramenta tipo cone morse.

Fabricante: Cincinnati

Operações: Esta máquina será responsável pela usinagem da tampa - 1ª operação de faceamento.

Máquina: TRN-01

Características: Torno revólver automático tipo "Cut-off", 2 porta-ferramentas (2 ferramentas cada).

Comandos eletro-pneumáticos. Alimentação automática por esteira de rolos. Dispositivo de placas de pinças para prender as peças.

Potência: 15 HP - 26 rotações escalonadas: 85, 90, ..., 286, 303 (razão 1:1,05)

Fabricante: Bardon & Oliver

Operações: Corte das barras dos eixos e primeiras operações de usinagem do eixo nº 4 e ainda a usinagem dos pinos.

Máquina: TRN-02

Características: Torno automático com comando numérico, programável por fita e por teclado. Porta ferramentas para 8 ferramentas e contra-ponta para 4 ferramentas.

Motor de corrente contínua, 15 CV, rotações entre 35 e 1518 rpm.

Placa dotada de pinças pneumáticas.

Fabricante: Warner & Swasey

Operações: Este torno é responsável pela usinagem do eixo nº 3 em todas as operações de torneamento.

Máquina: RTF-01

Características: Retificadora universal com comando numérico

Potência: 10 CV, 2 rotações no rebolo e 6 rotações no porta peça.

Fabricante: Vigorelli - Marposs

Operações: Retificação dos dois eixos (peças 3 e 4)

Máquina: FRS-02

Características: Fresadora de engrenagens tipo "Ronânia" (fresa caracol), automática, com comandos hidráulicos. Fresa horizontal, podendo girar seu eixo até 60° em relação à horizontal. Peça colocada na vertical, potência: 20 HP.

Fabricante: Pfauter

Operações: Usinagem dos dentes da engrenagem

Máquina: TRN-03

Características: Torno revolver automático, comandos hidráulicos e eletrônicos. Porta ferramentas com 5 ferramentas. Porta peça com pinça automática. Castelo paralelo ao eixo da máquina. Potência: 15 CV, 24 rpm escalonadas: 36, - 59, 72, ..., 1191, 2026 (razão 1:1,70 com dois inícios (36 e 79rpm)).

Fabricante: Warner & Swasey

Operações: Todas operações de torneamento das buchas e da engrenagem.

Máquina: BRX-01

Características: Brochadeira horizontal, com 10 velocidades de carro porta broche, pressão máxima 15 toneladas. Peça presa por pinças de colocação manual.

Fabricação: La Pointe

Operações: Rasgos de chaveta da engrenagem.

Máquina: FRS-03

Características: Fresadora horizontal automática, com comando numérico, programável por teclado. Mesa com movimentos "x e y" e porta ferramentas com movimento "z".

Potência 7,5 CV, 16 rotações escalonadas: - 50, 64, ..., 1565, 2000 (razão 1:1,28)

Fabricante: Cincinnati - Milacron

Operações: Rasgos de chaveta nos eixos.

Máquina: FRN-01

Características: Forno contínuo de esteiras com atmosfera de proteção, automático.

Temperatura máxima: 1700°F - (927°C)

Operações: Normalização da engrenagem e revenimento dos eixos.

Máquina: FRS-04

Características: Fresadora de engrenagens semi-automática, - ferramenta vertical, peça horizontal. Porta ferramenta inclinável.

Potência: 13 CV

Fabricante: Pfauter

Operações: Rasgos no eixo 4.

Máquina: RTF-02

Características: Retífica para diâmetros internos, semi automática, comandos hidráulicos, 4 velocidades de rebolo e 12 velocidades de avanço.

Potencia: 5 HP

Fabricante: Heald

Operações: Retificação do diâmetro interno da engrenagem.

Máquina: LAV-01

Características: Máquina de lavar peças automática, contínua de esteiras. 10 velocidades de esteira.

Temperatura de trabalho: 60 a 75°C, pressão aproximada de 7 Kgf/cm²

Produto para lavagem: solução de composto - alcalino em concentração de 1 a 3%.

Tanque de óleo com bandeja imersível.

Fabricante: Durr

Operação: Lavagem e proteção após as operações

Máquina: SHV-01

Características: "Shaver" para engrenagens retas, automático, 3,25 CV de potência, ferramenta e engrenagem horizontais. 14 rotações escalonadas.

Fabricante: Red Ring

Operação: Shaving nos dentes da engrenagem

Máquina: FRN-02

Características: Forno circular automatizado, temperatura máxima 1700°F - (927°C), sem atmosfera de proteção. Tanque anexo com agitador, para temperatura.

Operações: Têmpera

Máquina: LAV-02

Características: Máquina para lavagem e fosfatização de peças, contínua, dotada de trilho para movimentação das peças.

Temperatura de trabalho: 30 a 40°C

Operações: Lavagem e fosfatização, para pintura.

Máquina: PNT-01

Características: Cabine de Pintura com pistolas eletrostáticas de ar comprimido e cortina de água coagulante de tinta.

Pintura em peças apoiadas em ganchos que correm por trilho.

Pressão das Pistolas: 20 psi

Operação: Pintura para proteção.

III-3 Detalhamento do Processo:

Já tendo definido o processo de fabricação, sua sequência de operações e as máquinas que serão utilizadas, vamos então detalhar o processo de cada peça, especificando todas as grandezas e elementos envolvidos, tais como: velocidades, avanços, forças, potências, ferramentas, dispositivos, etc.

Vamos numerar as operações como já é de praxe em todas as indústrias; ou seja, numeraremos de 10 em 10. Isso também é muito usado em computação, pois permite em ambos os casos a inserção de alguma operação adicional entre duas outras.

Em operações de usinagem, vamos tomar avanços, velocidades e tempos recomendados nos livros "Usinagem"(8), "Máquinas operatrizes Modernas"(6) e em manuais da própria indústria (9).

Ainda com relação às operações de usinagem, para o cálculo das forças e potências envolvidas, é sabido que existem dois métodos distintos: o critério desenvolvido pela ASME e o critério de Kienzle (recomendado pelas normas DIN). Utilizaremos o critério de Kienzle, por ser de âmbito geral, podendo ser aplicado a qualquer tipo de operação de usinagem.

O critério de Kienzle estabelece o seguinte:

$$F_c = b \cdot h^{(1-z)} \cdot K_{sl.1}$$

e ainda:
$$N_c = \frac{F_c \cdot V_c}{75.60}$$

onde: F_c : Força principal de corte (Kgf)

$K_{sl.1}$: Força de corte necessária para retirada de um cavaco de 1mm de largura por 1mm de espessura para um dado material. É tabelada para diversos materiais

h : espessura do cavaco (mm)

b : profundidade de corte medida na direção longitudinal da ferramenta. (mm)

z : Expoente que depende do material usinado. Tabelado

N_c : Potência de corte (CV)

V_c : Velocidade de corte (m/min.)

Necessitamos desses cálculos para sabermos se as máquinas escolhidas no item anterior comportam as operações para elas escolhidas, sem problemas.

Sempre que possível, utilizaremos ferramentas sintetizadas, ou seja, de "metal duro". Isso se deve ao fato desse material, ou pastilhas, como são chamadas, possibilitarem maiores avanços e velocidades de corte e por serem muito mais resistentes ao desgaste do que ferramentas feitas em "aço rápido".

Naturalmente existem operações onde a ferramenta tem que ter formas especiais. Nesses casos teremos que recorrer à ferramentas de aço rápido. É o caso de brocas e bedames por exemplo.

Este é um item do trabalho que pode ser definido como uma preparação para o preenchimento das folhas de operação. Sendo assim, faremos uma apresentação separada para cada peça, detalhando cada operação:

III-3.1 Carcaca (peça nº 1)

Operação 10: Descrição: Lavar e Fosfatizar

Máquina: LAV-02

Tempo: 3 a 5 min.

Operação 20: Descrição: Pintar

Máquina: PNT-01

Tempo: 0,3 a 0,5 min.

Operação 30: Descrição: Fresar face A até dimensão 49,4. Desbaste e acabamento

Nº de passes: 2

Velocidade de corte: 70 m/min.

Avanço: 0,08 mm/dente

Força e potencia de corte: 40,5 Kgf - 0,63 CV

Máquina: CNU-01

Ferramenta: F-001

Fluido de corte: corte a seco

Dispositivo: 0101

Tempo de Preparo e Manobras: 0,9 h

Tempo de usinagem: 2,79 min.

Peças/hora: 20,5

Operação 40: Descrição: Furar e alargar (2) diâmetros 7,95 mm

Nº de passes: 2

Velocidade de corte: 25 m/min.

Avanço: 0,1 mm/volta (abrir) e 0,5 mm/volta (alargar)

Força e Potencia de corte: 74 Kgf - 0,41 CV
Máquina: CNU-01
Ferramenta: B-001
Dispositivos: 0101
Tempo de Preparo e Manobras: 0,416 h
Tempo de usinagem: 5,09 min.
peças/hora: 9,22

Operação 50: Descrição: Alargar (2) diâmetros 31,75
Nº de passes: 2
Velocidade de Corte: 20 m/min.
Avanço: 0,30 mm/volta
Força e Potencia de Corte: 86 Kgf - 0,38 CV
Máquina: CNU-01
Ferramenta: B-003 e B-004
Fluido de Corte: corte a seco
Dispositivo: 0101
Tempo de Preparo e Manobras: 0,467 h
Tempo de Usinagem: 5,49 min.
Peças/hora: 10,56

Operação 60: Descrição: Facear (2) até dimensão 37,97 mm
nº de passes: 1
Velocidade de Corte: 30 m/min.
Avanço: 0,3 mm/volta
Força e Potencia de Corte: 86 Kgf - 0,57 CV
Máquina: CNU-01
Ferramenta: F-002
Fluido de corte: corte a seco
Dispositivo: 0101
Tempo para preparo e manobras: 0,367 h
Tempo de usinagem: 3,4 min.
Peças/hora: 17,15

Operação 70: Descrição: Mandrilhar (2) diâmetros 46,43 mm des-
baste e acabamento e chanfrar canto. -
Girar a peça de 180°.
Nº de passes: 4
Velocidade de corte: 20 m/min.

Avanço: 0,5 desbaste e 0,3 acabamento
Força e Potencia de Corte: 142 Kgf - 0,63 CV
Máquina: CNU-01
Ferramenta: P-001
Fluido de Corte: corte a seco
Dispositivo: 0101
Tempo para Manobras e Preparo: 0,316 h
Tempo de Usinagem: 6,8 min.
Peças/hora: 8,2

Operação 80: Descrição: Fresar base para dimensão 79,38 mm (desbaste e acabamento) - Observar dimensão 11 mm

Nº de passes: 2
Velocidade de corte: 70 m/min.
Avanço: 0,08 mm/dente
Força e Potencia de Corte: 80 Kgf - 1,24 CV
Máquina: FRS-01
Ferramenta: F-003
Fluido de Corte: corte a seco
Dispositivo: 0102
Tempo de Manobras e preparo: 0,75 h
Tempo de Usinagem: 2,7 min.
Peças/hora: 21,05

Operação 90: Descrição: Furar (4) diâmetros 8,2; profundidade 25 mm

Nº de passes: 1
Velocidade de corte: 20 m/min.
Avanço: 0,19 mm/volta
Força e Potencia de Corte: 126 Kgf - 0,64 CV
Máquina: FUR-01
Ferramenta: B-005
Fluido de Corte: corte a seco
Dispositivo: 0103
Tempo de Preparo e Manobras: 0,6 h
Tempo de Usinagem: 2,15 min.
Peças/hora: 27,3

Operação 100: Descrição: Roscar diametro 8,2 mm, Profundidade 17,5mm

Nº de Passes: 1

Velocidade de Corte: 10 m/min.

Máquina: FUR-01

Ferramenta: M-001

Fluido de Corte: corte a seco

Dispositivo: 0103

Tempo de preparo e Manobras: 0,1 h

Tempo de usinagem: 1,5 min.

Peças/hora: 41,7

Operação 110: Descrição: Furar diametro 8,6 mm

nº de passes: 1

Velocidade de Corte: 20 m/min.

Avanço: 0,19 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 132 Kgf - 0,675 CV

Máquina: FUR-01

Ferramenta: B-006

Fluido de corte: corte a seco

Dispositivo: 0103

Tempo de Preparo e Manobras: 0,6 h

Tempo de Usinagem: 0,5 min.

Peças/hora: 27,3

Operação 120: Descrição: Roscar diametro 8,6 mm

Nº de passes: 1

Velocidade de corte: 10 m/min.

Ferramenta: M-002

Fluido de Corte: corte a seco

Máquina: FUR-01

Dispositivo: 0103

Tempo de Preparo e Manobras: 0,1 h

Tempo de Usinagem: 0,4 min.

Operação 130: Descrição: Furar (4) diâmetros 14,25 mm

nº de passes: 1

Velocidade de Corte: 15 m/min.

Avanço: 0,24 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 248 Kgf - 0,83 CV

Máquina: FUR-001
 Ferramenta: B-007
 Fluido de Corte: corte a seco
 Dispositivo: D102
 Tempo de Preparo e Manobras: 0,6 h
 Tempo de Usinagem: 1,6 min.
 Peças/hora: 36,4

Operação 140: Descrição: Rebarbar contorno das faces usinadas
 Tempo: 1,35 min.
 Ferramenta: Limas diversas

Operação 150: Descrição: Lavar e Olear
 Máquina: LAV-01
 Tempo: 0,5 a 1 min.

Observação 1: O número de peças/hora é obtido da seguinte forma:

$$\frac{\text{Tempo de Prep./Man.} + \text{Tempo Usin.} \times \text{Peças/hora}}{1 \text{ h}} = \text{peças/hora}$$

Observação 2: As ferramentas indicadas estão especificadas no -
 anexo 3 - "lista de ferramentas".

III-3.2 Tampa (peça nº 2)

Operação 10: Igual à operação 10 da carcaça, vide item III-3.1

Operação 20: Igual à operação 20 da carcaça, vide item III-3.1

Operação 30: Descrição: Fresar face A desbaste e acabamento
 Nº de passes: 2
 Velocidade de Corte: 70 m/min.
 Avanço: 0,08 mm/dente
 Força e Potencia de Corte: 40,5 Kgf - 0,63 CV
 Máquina: FRS-01
 Ferramenta: F-001
 Fluido de Corte: Corte a seco
 Dispositivo: D201

Tempo de Preparo e Manobras: 0,9 h

Tempo de Usinagem: 2,9 min.

Pecas/hora: 20,76

Operação 40: Descrição: Furar e Alargar (2) furos diametro
7,936 mm

Nº de passes: 2

Velocidade de Corte: 25 m/min.

Avanço: 0,1 mm/volta (abrir) - 0,5 mm/volta (a-
largar)

Força e Potencia de Corte: 74 Kgf - 0,41 CV

Máquina: FUR-01

Ferramenta: B-008 e B-009

Fluido de corte: corte a seco

Dispositivo: 0202

Tempo de Preparo e Manobras: 0,6 h

Tempo de Usinagem 2,18 min.

Pecas/hora: 26,9

Operação 50: Descrição: Furar (4) diametros 10,2

Nº de passes: 1

Velocidade de Corte: 20 m/min.

Avanço: 0,2 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 125 Kgf - 0,64 CV

Máquina: FUR-01

Ferramenta: B-010

Fluido de corte: corte a seco

Dispositivo: 0202

Tempo de Preparo e Manobras: 0,2 h

Tempo de Usinagem: 1,63 min.

Pecas/hora: 36,9

Operação 60: Descrição: Furar e alargar (2) diametros 31,75 mm

Nº de passes: 2

Velocidade de corte: 20 m/min.

Avanço: 0,3 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 86 Kgf - 0,38 CV

Máquina: FUR-01

Ferramentas: B-003 e B-004

Fluido de corte: corte a seco

Dispositivo: 0202

Tempo de Preparo e Manobra: 0,2 h

Tempo de Usinagem: 5,4 min

Pecas/hora: 10,5

Operação 70: Descrição: Virar a peça e chanfrar 0,8mm x 45°

Nº de passes: 1

Velocidade de Corte: 30 m/min.

Avanço: 0,31 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 61 Kgf - 0,4 CV

Máquina: FUR-01

Ferramentas: P-002

Fluido de Corte: Corte a seco

Dispositivo: 0202

Tempo de Preparo e Manobras: 0,5 h

Tempo de usinagem: 0,5 min.

Pecas/hora: 113

Operação 80: Descrição: Rebarbar faces usinadas

Tempo: 1,06 min.

Ferramenta: limas diversas

Operação 90: Lavar e Proteger

Tempo: 0,5 a 1 min.

Máquina: LAV-01

III-3.3 Eixo (peça nº 3)

Operação 10: Descrição: Topar e cortar a barra, comprimento
187,4 mm

Nº de passes: 1

Velocidade de Corte: 35m/min.

Avanço: 0,1 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 27,5 Kgf - 0,21 CV

Máquina: TRN-01

Ferramenta: R-001

Fluido de Corte: Óleo sintético

Tempo para Preparo e manobras: 0,4 h

Tempo de Usinagem: 0,6 min

Peças/hora: 99,7

Operação 20: Descrição: Facear e centrar (2 lados) (virar a peça)

Nº de Passes: 1

Velocidade de Corte: 35 m/min.

Avanço: 0,35 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 54 Kgf - 0,42 CV

Máquina: TRN-02

Ferramenta: P-003 e B-011

Fluido de Corte: Óleo Solúvel

Tempo de Preparo e Manobras: 1,0 h

Tempo de Usinagem: 0,6 min.

Peças/hora: 122,7

Operação 30: Descrição: Tornear diametro 25mm, comprimento 133,3 mm e chanfrar

Nº de Passes: 2

Velocidade de Corte 80m/min

Avanço: 0,2 mm/volta

Força e Pótença de Corte: 86,6 Kgf - 1,5 CV

Máquina: TRN-02

Ferramenta: P-004

Fluido de Corte: Óleo Solúvel

Tempo de Preparo e Manobras: 0,9 h

Tempo de Usinagem: 0,9 min

Peças/hora: 64,9

Operação 40: Descrição: Tornear diametro 15,7 mm e chanfrar

nº de passes: 3

Velocidade de Corte: 70 m/min

Avanço: 0,35 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 218 KGf - 3,4 CV

Máquina: TRN-02

Ferramenta: P-004

Fluido de Corte: Óleo Solúvel

Tempo de Preparo e Manobra: 0,4 h

Tempo de Usinagem: 0,96 min

Peças/hora: 62,1

Operação 50: Descrição: Formar diâmetro cônico

Nº de Passes: 3

Velocidade de Corte: 65 m/min

Avanço: 0,35 mm/volta

Força e Potência de Corte: 220 Kgf - 3,17 CV

Máquina: TRN-02

Ferramenta: P-004

Fluido de Corte: Óleo Solúvel

Tempo de Preparo e Manobras: 0,3 h

Tempo de Usinagem: 0,9 min

Pecas/hora: 66,4

Operação 60: Descrição: Formar resgo

Nº de Passes: 1

Velocidade de Corte: 40 m/min

Avanço: 0,15 mm/volta

Força e Potência de Corte: 48 Kgf - 0,42 CV

Máquina: TRN-02

Ferramenta: R-002

Fluido de Corte: óleo solúvel

Tempo de Preparo e Manobras: 0,2 h

Tempo de Usinagem 0,4 min

Pecas/hora: 151

Operação 70: Descrição: Roscar (e colocar proteção de plástico)

Nº de Passes: 2

Velocidade de Corte: 20 m/min

Avanço: conf. passo da rosca

Máquina: TRN-02

Ferramenta: P-005

Fluido de Corte: Óleo Solúvel

Tempo de Preparo e Manobras: 0,5 h

Tempo de Usinagem: 0,65 min.

Pecas/hora: 91,3

Operação 80: Descrição: Fresar rasgos de chave (2)

nº de passes: 1

Velocidade de Corte: 60 m/min

Avanço: 0,05 mm/dente

Força e Potencia de Corte: 172 Kgf - 2,2 CV

Máquina: FRS-03

Ferramenta: F-004

Fluido de Corte: Óleo Solúvel

Tempo de Preparo e Manobras: 0,4 h

Tempo de Usinagem: 1,4 min

Pecas/hora: 41,6

Operação 90: Descrição: Temperar

Temperatura: 900° c

Tempo: 30 min

Resfriamento: água

Máquina: FRN-02

Operação 100: Descrição: Revenir

Temperatura: 150°C (somente para alívio de tensões)

Tempo: 30 min.

Máquina: FRN-01

Operação 110: Descrição: Retificar comprimento 12,7 mm

Máquina: RTF-01

Ferramenta: A-001

Fluido de Corte: Óleo Solúvel

Tempo de Manobras e Preparo: 0,4 h

Tempo de Usinagem: 2,14 min

Pecas/hora: 28

Operação 120: Lavar e Olear

Máquina: LAV-01

Tempo: 0,5 a 1 min.

III-3.4 Eixo (peça nº 4)

Operação 10: Descrição: Topar em 88,9 e centrar

Nº de passes: 1

Velocidade de Corte: 25 m/min

Avanço: 0,15 mm/volta

Força e Potencia de Corte: ----

Máquina: TRN-01

Ferramenta: B-011

Fluido de Corte: Óleo sintético

Tempo de Preparo e Manobras: 0,5 h

Tempo de Usinagem: 0,03 min

Operação 20: Descrição: Tornear diametro 24,5 mm comprimento
69,8 mm

Nº de Passes: 1

Velocidade de Corte: 70 m/min

Avanço: 0,6 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 32 Kgf - 0,5 CV

Máquina: TRN-01

Ferramenta: P-004

Fluido de Corte: óleo sintético

Tempo de Manobra e Preparo: 0,75 h

Tempo de Usinagem: 0,3 min

Peças/hora: 199,2

Operação 30: Descrição: Rasgar (2) Canais

Nº de Passes: 1 (cada canal)

Velocidade de Corte: 40 m/min

Avanço: 0,15 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 48 Kgf - 0,42 CV

Máquina: TRN-01

Ferramenta: R-003

Fluido de Corte: Óleo Sintético

Tempo de Preparo e Manobras: 0,5 h

Tempo de Usinagem: 0,54 min

Peças/hora: 110,5

Operação 40: Descrição: Topar em 200 mm, chanfrar e cortar

Nº de passes: 1 chanfro e 1 corte

Velocidade de Corte: 35 m/min

Avanço: 0,1 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 27,5 Kgf - 0,21 CV

Máquina: TRN-01

Ferramenta: R-001 e R-004

Fluido de Corte: Óleo sintético

Tempo de Preparo e Manobra: 0,75 h

Tempo de Usinagem: 0,6 min.

Pecas/hora: 99,2

Operação 50: Descrição: Rebarbar ponta do eixo

Máquina: Esmeril de Bancada

Tempo: 0,13 min.

Operação 60: Descrição: Fresar Rasgo de Chaveta

Nº de passes: 1

Velocidade de Corte: 60 m/min

Avanço: 0,05 mm/dente

Força e Potencia de Corte: 172 Kgf - 2,2 CV

Máquina: FRS-03

Ferramenta: F-004

Fluido de Corte: Óleo Solúvel

Tempo de Preparo e Manobra: 0,4 h

Tempo de Usinagem: 0,7 min

Pecas/hora: 83

Operação 70: Descrição: Cortar Estrias

Nº de passes: 1

Velocidade de Corte: 20 m/min

Avanço: ---

Força e Potencia de corte: 1,2 CV

Máquina: FRS-04

Ferramenta: F-005

Fluido de Corte: Óleo solúvel

Tempo de Preparo e Manobras: 1,2 h

Tempo de Usinagem: 4,9 min

Pecas/hora: 10,7

Operação 80: Descrição: Temperar

Temperatura: 850°C

Tempo: 30 min

Resfriamento: água

Máquina: FRN-02

Operação 90: Descrição: Revenir

Temperatura: 360°C

Tempo: 30 min

Máquina: FRN-01

Operação 100: Descrição: Retificar comprimento 12,7 mm

- Idêntico à operação 110 do item III-3.3

Operação 110: Descrição: Lavar e Olear

Máquina: LAV-01

Tempo: 0,5 a 1 min.

III-3.5 Engrenagem (peça nº 5)

Operação 10: Descrição: Normalizar

Temperatura de Aquecimento: 927°C

Tempo de Aquecimento: 70 min.

Máquina: FRN-01

Resfriamento: ao ar

Tempo: 1,4 h

Operação 20: Descrição: Desbastar diâmetro externo (limpese) e chanfrar.

Nº de passes: 1

Velocidade de Corte: 80 m/min

Avanço: 0,6 mm/volta

Força e Potência de Corte: 26 Kgf - 0,46 CV

Máquina: TRN-03

Ferramenta: P-004

Fluido de Corte: Óleo Sintético

Tempo de Preparo e Manobras: 0,9 h

Tempo de Usinagem: 0,2 min

Piças/hora: 332

Operação 30: Descrição: Furar e Alargar diâmetro interno

Nº de Passes: 2

Velocidade de Corte: 15 m/min

Avanço: 0,18 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 80 Kgf - 0,3 CV

Máquina: TRN-03

Ferramenta: B-012 e B-013

Fluido de Corte: Óleo Sintético

Tempo de Preparo e Manobra: 1,3 h

Tempo de Usinagem: 1,6 min

Peças/hora: 36,1

Operação 40: Descrição: Chanfrar completo

Nº de Passes: 1

Velocidade de Corte: 30 m/min

Avanço: 0,31 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 61 Kgf - 0,4 cv

Máquina: TRN-03

Ferramenta: P-004

Fluido de Corte: Óleo Sintético

Tempo de preparo e manobras: 0,5 h

Tempo de Usinagem: 1,5 min

Peças/hora: 39,5

Operação 50: Descrição: Retificar diametro interno

Nº de passes: 1

Tempo de Preparo e Manobra: 1,3 h

Tempo de Usinagem: 1,22 min

Máquina: RTF-02

Ferramenta: A-002

Peças/hora: 47,7

Operação 60: Descrição: Brochar rasgo de Chaveta:

Nº de Passes: 1

Máquina: BRX-01

Ferramenta: X-001

Tempo de Preparo e Manobra: 0,4 h

Tempo de Usinagem: 0,43 min

Peças/hora: 136,5

Operação 70: Descrição: Fresar dentes (deixando 0,006 mm para Shaving)

Nº de passes: 1

Velocidade de Corte: 20 a 25 m/min

Força e Potencia de Corte: 1,5 CV
Máquina: FRS-U2
Ferramenta: F-006
Dispositivo: 0501
Fluido de Corte: Óleo Sintético
Tempo de Preparo e Manobras: 1,1 h
Tempo de usinagem: 2,8 min
Peças/hora: 20

Operação 80: Descrição: Temperar
Temperatura: 200°C
Tempo: 50 min
Tempera: água
Máquina: FRN-02

Operação 90: Descrição: Revenir
Temperatura: 380°C
Tempo: 50 min
Máquina: FRN-01

Operação 100: Descrição: Shaving
Máquina: SHV-01
Ferramenta: S-001
Tempo de Preparo e Manobra: 1,4 h
Tempo de Usinagem: 1,4 min
Peças/hora: 41

Operação 110: Descrição: Lavar e Olear
Máquina: LAV-001
Tempo: 0,5 a 1 min.

III-3.6 Pino: (peça nº 8)

Operação 10: Descrição: Topar em 25,4 mm e tornear diem. 7,93 mm
Nº de passes: 1
Velocidade de Corte: 50 m/min
Avanço: 0,5 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 05 Kgf - 0,95 CV

Máquina: TRN-01

Ferramenta: P-004

Tempo de Preparo e Manobras: 0,5 h

Tempo de Usinagem: 0,08 min

Operação 20: Descrição: Chanfrar e cortar

Nº de passes: 1

Velocidade de corte: 35 m/min

Avanço: 0,1 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 27,5 Kgf - 0,21 CV

Máquina: TRN-01

Ferramenta: R-005 e R-001

Fluido de Corte: Óleo Sintético

Tempo de Preparo e Manobra: 0,75 h

Tempo de Usinagem: 0,6 min

Pecas/hora: 99,0

Operação 30: Descrição: Rebarbar pontas

Máquina: Esmeril de Bancada

Tempo: 0,4 min

Operação 40: Descrição: Lavar e Ulear

Máquina: LAV-01

Tempo: 0,5 a 1 min

III-3.7 Bucha (peça nº 12)

Operação 10: Descrição: Facear

Nº de passes: 1

Velocidade de Corte: 60 m/min

Avanço: 0,1 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 7,8 Kgf - 0,1 CV

Máquina: TRN-03

Ferramenta: P-003

Fluido de Corte: Corte a Seco

Tempo de Preparo e Manobras: 1,2 h

Tempo de Usinagem: 0,05 min

Operação 20: Descrição: Virar, Facear e chanfrar

Nº de Passes: 1

Velocidade de Corte: 60 m/min

Avanço: 0,1 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 7,8 Kgf - 0,1 CV

Máquina: TRN-03

Ferramenta: P-003

Fluido de Corte: Corte a Seco

Tempo de Preparo e Manobras: 1,5 h

Tempo de Usinagem: 0,09 min

Operação 30: Descrição: Tornear diametro interno

Nº de passes: 1

Velocidade de Corte: 80 m/min

Avanço: 0,2 mm/volta

Força e Potencia de Corte: 0,24 CV

Máquina: TRN-03

Ferramenta: P-006

Fluido de Corte: Corte a Seco

Tempo de Manobra e Preparo: 1,5 h

Tempo de Usinagem: 0,41 min.

Pecas/hora: 141

Operação 40: Descrição: Rasgar canal de óleo

Nº de Passes: 3

Velocidade de Corte: 10 M/min

Avanço: 21 mm/volta

Máquina: TRN-03

Ferramenta: R-006

Fluido de Corte: Corte a Seco

Tempo de Preparo e Manobra: 1,7 h

Tempo de Usinagem: 0,116 min

Operação 50: Descrição: Usinar diametro externo (5 peças) e embalar

Nº de Passes: 1

Velocidade de Corte: 80 m/min

Avanço: 0,2 mm/volta
Força e Potencia de Corte: 0,25 CV
Máquina: TRN-03
Ferramenta: P-007
Dispositivo: 1201
Tempo de Preparo e Manobra: 1,6 h
Tempo de Usinagem: 0,51 min
Peças/hora: 115

III-3.8 Bucha (peça nº 13)

Operação 10: Descrição: Facear e Chanfrar
Nº de passes: 1
Velocidade de Corte: 60 m/min
Avanço: 0,1 mm/volta
Força e Potencia de Corte: 7,8 Kgf - 0,1 CV
Máquina: TRN-03
Ferramenta: P-003
Fluido de Corte: Corte a seco
Tempo de Preparo e Manobras: 1.7 h
Tempo de Usinagem: 0,09 min

Operação 20: Descrição: Virar, Facear e chanfrar
Nº de Passes: 1
Velocidade de Corte: 60 m/min
Avanço: 0,1mm/volta
Força e Potencia de Corte: 7,8 Kgf - 0,1 CV
Máquina: TRN-03
Ferramenta: P-003
Fluido de Corte: Corte a Seco
Tempo de Preparo e Manobras: 1,8 h
Tempo de Usinagem 0,09 min

Operação 30: Descrição: Tornear diametro interno
Nº de Passes: 1
Velocidade de Corte: 80 m/min
Avanço: 0,2 mm/volta
Força e Potencia de Corte: 13,8 Kgf - 0,24 CV

Máquina: TRN-03

Ferramenta: P-006

Fluido de Corte: Corte a seco

Tempo de Preparo e Manobras: 1,5 h

Tempo de Usinagem: 0,33 min

Peças/hora: 180

Operação 40: Descrição: Tornear diametro externo (5 peças) e embalar

Nº de Passes: 1

Velocidade de Corte: 80 m/min

Avanço: 0,2 mm/volta

Força e potência de Corte: 0,25 CV

Máquina: TRN-03

Ferramenta: P-007

Fluido de Corte: Corte a seco

Dispositivo: 1301

Tempo de Preparo e Manobras: 2,1 h

Tempo de Usinagem: 0,38 min

Peças/hora: 155

III-4 Controle de Qualidade:

Nos dias atuais, com o desenvolvimento da engenharia, cada vez mais os engenheiros devem estar seguros de que as especificações das peças sejam obtidas, afim de que o produto final não seja comprometido. A garantia desta segurança é obtida através de um conjunto de testes e controles que se denominam "Controle de Qualidade".

Cabe então a nós, indicarmos quais as especificações que gostaríamos que fossem controladas e quando isso deve acontecer.

Porém, não vamos entrar em detalhes sobre os testes em si, ou sobre os critérios do controle de qualidade quanto à

amostragem, aprovação, condução dos ensaios, rejeições, etc. - Isso, porque a indústria já tem um departamento de controle de qualidade bastante desenvolvido e independente, e também porque se fossemos especificar tudo referente aos ensaios, sairíamos do escopo deste trabalho, que é projetar o processo de fabricação, e não o processo de controle de qualidade das peças.

Sendo assim, passaremos a listar as grandezas que devem ser controladas em diversos tipos de peças:

FUNDIDOS: Para os fundidos em geral, teremos que controlar a composição química, a micro-estrutura, as propriedades mecânicas (resistência), o acabamento superficial (quanto à trinca e oxidação), a existência de falhas internas (bolhas de ar, chupagem, etc), a dureza e também deve ser feita uma inspeção dimensional, que também é feita durante e após os processos na fábrica.

FORJADOS: Para os forjados, o controle deve ser feito sobre:- a composição química, micro e macro-estrutura, propriedades mecânicas (resistência e dureza), acabamento superficial (falhas de superfície, dobras, rebarbas, oxidação, etc) e ainda inspeção dimensional. Estes testes acima, bem como os do item anterior devem ser feitos quando do recebimento do material do fornecedor.

Se tratando de peças que requerem tratamentos térmicos, é necessário que ao fim destas operações sejam verificados a resistência mecânica, a dureza e a micro-estrutura, conforme o tratamento térmico se propôs a alterar.

Se tratando de engrenagens, como é o nosso caso, é imprescindível que a peça pronta sofra uma rigorosa inspeção quanto às dimensões e acabamento dos dentes.

BARRAS DE AÇO : As barras de aço devem ser controladas quanto à composição química, micro e macro-estrutura, temperabilidade, resistência mecânica, dureza,

e ainda inspeção dimensional. A inspeção dimensional deve ser rigorosa, principalmente se tratando de material torneado e polido.

No caso das peças feitas a partir de barras sofrerem tratamento térmico, após esta operação, deve-se inspecionar a dureza e a resistência mecânica (e às vezes a micro-estrutura).

PEÇAS COMPRADAS PRONTAS: Todas as peças compradas prontas devem ser testadas antes de seguirem para a montagem. Os controles variam de peça para peça, e devem assegurar a qualidade das mesmas.

Se for necessário, deve-se fazer ensaios de funcionamento e ensaios destrutivos.

Em geral, nas peças compradas prontas, inspeciona-se as dimensões, o funcionamento, a qualidade do material e o estado (aparência) da peça (sujeira, embalagem, proteção, etc.).

USINAGEM: Como é de costume, em grandes indústrias, o controle de qualidade das peças durante os processos de usinagem é feito pelos próprios operadores das máquinas que estão fabricando a peça.

Eles se utilizam de calibres tipo "passe - não passa", de relógios comparadores ou mesmo de instrumentos de medição (paquímetro e micrometro). Treinados para manter a qualidade das peças eles já refugam as peças que estão fora de medida.

Naturalmente, como é também de costume, antes de se processar a usinagem em massa das peças, o controle de qualidade deve aprovar o "preparo" da máquina, inspecionando a primeira peça usinada pela máquina.

INSPEÇÃO FINAL: Toda peça, depois de estar totalmente pronta, deve passar pela inspeção final (antes da lavagem e proteção) a fim de que todas as dimen

sões e o acabamento superficial sejam controlados.

Essa inspeção final pode decidir sobre a remanufatura ou recuperação de peças rejeitadas - ou sobre a rejeição e sucata das mesmas.

CONTROLE DO PRODUTO FINAL: Estando o mecanismo montado, seu funcionamento deve ser comprovado - por intermédio de testes, onde devem ser verificados: vazamentos, de salinhamentos, defeitos de montagem desempenho, etc.

Cabe ainda ressaltar que em casos de peças que ficam estocadas por um tempo relativamente grande, antes destas seguirem processo, o controle de qualidade deve inspecionar o aspecto superficial, quanto à proteção (oxidação) e limpeza.

Como foi dito no início, por não ser esse o escopo do trabalho, tratamos o controle de qualidade com certa superficialidade, porém deixamos claro "o que" e "quando" deve ser controlado. Os critérios desse controle são de responsabilidade do Departamento de Controle de Qualidade.

III-5 Folhas de Operação:

As folhas de operação, são documentos que registram toda a sequência de fabricação das peças, orientando os operadores.

Elas devem conter as informações necessárias para - que, juntamente com o desenho da peça, o operador possa processar adequadamente a peça.

A primeira coisa a fazermos é confeccionar um formulário para essas folhas.

Analisando com cuidado, vemos que para possibilitar uma completa informação ao operador, os seguintes dados deveriam constar da folha:

- nº de operação
- Tempo de Preparo e Manobras
- Tempo de Usinagem
- Avanço
- Rotação da Máquina (velocidade de corte)
- Descrição da Operação
- Máquina
- Dispositivo de Usinagem
- Ferramenta
- Peças/hora
- Lote mínimo
- Nome da Peça
- Nº da Peça
- Material

Optamos então pela seguinte disposição:

- No cabeçalho colocamos o nome, o número e o material da peça e ainda o lote mínimo.

- Na primeira parte da folha, (5 primeiras colunas), colocamos o número da operação, o tempo de preparo e manobras, o tempo de usinagem, o número da máquina e o número de peças/-hora. Isso, porque entendemos que esses são dados de localização e controle próprio para o operador.

- Nas outras colunas, colocamos a rotação, o avanço, o dispositivo, a ferramenta, e a descrição da operação; entendendo que esses são dados orientativos para o operador fazer a peça.

Nesse campo de descrição da operação, ainda são dadas algumas informações extras como medidas e número de passes.

Estando o formulário pronto, preenchemos as folhas - com os dados do item III-3. Detalhamento do Processo.

O resultado disso é apresentado nas folhas seguintes:

Peça n°:		Nome:		Material:		Lote:			
01		Carcaça		Ferro fundido cinzento ASTM A159 - G3000		100/mês min.			
Op. Nº	MÁQUINA	Tempo Prep. e Man.	Tempo Usina- gem	Peças Hora	RPM Máquina	Avanço mm / —	Dispo- sitivo	Ferra- menta	D E S C R I Ç Ã O
10	LAV-02	Perm.	-	-	-	-	-	-	Lavar e Esfotar durante 3 a 5 min.
20	PNT-01	Perm.	-	-	-	-	-	-	Pinta
30	CNU-01	0,9h	2,79min	20,5	297	0,08/dk	0101	F001	Fresar face A até dim 49,4mm - 2 passes. Desbaste e acabamento
40	CNU-01	0,116h	5,69min	2,22	1000	0,1/dk	0101	B001	Furar e alargar (2°) diâmetros 1,95 - 2 passes
50	CNU-01	0,467h	5,49min	10,56	300	0,3/dk	0101	B003 B004	Alargar (2°) diâmetros 31,75 - 2 passes
60	CNU-01	0,367h	3,4min	17,15	330	0,3/dk	0101	F002	Fresar (2°) até dimensão 37,97mm - 1 passe
70	CNU-01	0,316h	6,8min	2,2	140	0,3/dk	0101	P-001	Mandrilhar (2°) diâmetros 46,43mm - desbaste. e acabamento - Charnfeiramento - Juntas a peso de 1200 - 4 passes p/ mandrilhar
80	FRS-01	0,75h	2,7min	21,05	308	0,08/dk	0102	F003	Fresar base para dim 19,38mm - desbaste e acabamento - 2 passes - observar diâmetro 500 Minus

Op. Nº	MÁQUINA	Tempo Prep. e Man.	Tempo Usina- gem	Peças Hora	RPM Máquina	Avanço mm / —	Dispo- sitivo	Ferra- menta	DESCRIÇÃO
90	FUR-01	0,6h	2,15min	27,3	270	0,19/pulh	0103	B65	Furar (4) diâmetros 8,2mm, profundidade de 25mm - 1 peça
100	FUR-01	0,6h	1,5min	41,7	285	—	0103	M-001	Roscar diâm. 8,2mm profundidade 17,5mm
110	FUR-01	0,6h	0,3min	27,3	295	0,19/pulh	0103	B-006	Furar diâm. 8,6mm - 1 peça
120	FUR-01	0,1h	0,4min	—	285	—	0103	M-002	Roscar diâm 8,6mm - 1 peça
130	FUR-01	0,6h	1,6min	36,4	350	0,24/pulh	0102	B007	Furar (4) diâmetros 14,25mm - 1 peça
140	—	—	1,35min	—	—	—	—	—	Rebarbar contornos dos furos esmerados e/linhas
150	LAV-01	Perm.	—	—	—	—	—	—	Lavar e proteger em óleo - tempo 0,5 a 1min

Recb n°		Nome		Material		Lote			
02		Tampa		Ferro Fundido Cinzento		100/mus min			
				ASTM A159 - G300					
Op. Nº	MÁQUINA	Tempo Prep. e Man.	Tempo Usina- gem	Peças Hora	RPM Máquina	Avanço mm / —	Dispo- sitivo	Ferra- menta	D E S C R I Ç Ã O
10	LAV-02	2,2m.	-	-	-	-	-	-	Lavar e Fosforizar durante 3 a 5 min
20	PNT-01	2,2m.	-	-	-	-	-	-	Pintar
30	FRS-01	0,9h	2,9min	20,76	303	0,08/balk	0201	F001	Fresar toda a desb. acabamento - 2 passes
40	FUR-01	0,8h	2,16min	26,9	960	0,1/balk	0202	B-003 B-004	Furar e alargar (2) - furar $\phi 1,936$ mm - 2 passes
50	FUR-01	0,2h	1,63min	36,9	698	0,26/balk	0202	B-010	Furar (4) $\phi 10,3$ - 1 passe
60	FUR-01	0,2h	5,4min	10,5	229	0,31/balk	0202	B-003 B-004	Furar e alargar (2) $\phi 31,75$ mm - 2 passes
70	FUR-01	0,5h	0,5min	113	358	0,31/balk	0202	P002	Virar a peça e chanfurar 0,8mm $\times 45^\circ$ - 1 passe
80	-	-	1,06min	-	-	-	-	-	Rebarbar as faces usinadas e limas
90	LAV-01	2,2m.	-	-	-	-	-	-	Lavar e Profilar em elab - 0,5 a 1 min

Peça n°:

03

Nome:

Eixo

Material:

Aço - SAE 1019

Barra $\phi 1\frac{1}{8}$ " - Trefilado

Lote:

100/mes
min

Op. Nº	MÁQUINA	Tempo Prep. e Man.	Tempo Usina- gem	Peças Hora	RPM Máquina	Avanço mm / —	Dispo- sitivo	Ferra- menta	DESCRIÇÃO
10	TRN-01	0,4h	0,6min	99,7	303	0,1/volta	-	R-001	Topar e cortar a barra, comprimento 183,4mm
20	TRN-02	1,8h	0,6min	122,7	300	0,35/volta	-	P-003 Bell	Fazer o Centro - 2 kda virar a peça
30	TRN-02	0,4h	0,9min	64,9	1000	0,2/volta	-	P-004	Terminar $\phi 25$ mm, comprimento 133,3mm e checar. Apesar de furamento
40	TRN-02	0,4h	0,96min	62,1	1250	0,35/volta	-	P-004	Terminar $\phi 15,7$ mm e checar - 3 peças
50	TRN-02	0,3h	0,9min	66,4	1100	0,35/volta	-	P-004	Fazer o diâmetro interno - 3 peças
60	TRN-02	0,2h	0,4min	151	500	0,15/volta	-	R-002	Fazer rasgo - 1 peça
70	TRN-02	0,5h	0,65min	91,3	400	-	-	P-005	Roscar - colocar parafusos de plástico - 2 peças
80	FRS-03	0,4h	1,4min	41,6	350	0,05/dent	-	F-004	Fresar rasgos de chaveta (2) - 1 peça
90	TRN-02	2,0min	-	-	-	-	-	-	Temperar - aquecer a 900 por 30min - Res- friar em água

Peça n°:		Nome:		Material:		Veloc:				
04		Eixo		Aço - SAE 1045		100/mas				
				Base Ø 25 _{mm} furado e polido		mm				
Op.	Nº	MÁQUINA	Tempo Prep. e Man.	Tempo Usina- gem	Peças Hora	RPM Máquina	Avanço mm / —	Dispo- sitivo	Ferra- menta	DESCRIÇÃO
10		TRN-01	0,5h	0,03min	—	250	0,15/polh	—	B-011	Topar em 38,2 e cortar
20		TRN-01	0,75h	0,3min	129	303	0,1/polh	—	P-004	Tornear Ø 24,5 mm - comprimento 69,8 mm 1 passe
30		TRN-01	0,5h	0,54min	110,5	303	0,15/polh	—	R-003	Rozar (27) arcos - 1 passe cada
40		TRN-01	0,75h	0,6min	99	303	0,1/polh	—	R-001 R-004	Topar em 200 mm, chanfurar e cortar 1 passe chanfro e 1 passe rosgo
50		—	Perfur	0,13min	—	—	—	—	—	Rebarbar ponta deixada pelo brocane no erro- cil
60		FRS-03	0,5h	0,7min	83	950	0,05/polh	—	F-001	Fresar rosgo de chanfro - 1 passe
70		FRS-04	1,2h	49min	10,7	160	—	—	F-005	Cortar entrias
80		FRN-02	10min	—	—	—	—	—	—	Temperar - aquecer a 850°C durante 30min Resfriar em água

Peça nº:		Nome:		Material:			
05		Engrenagem		Aço SAE - 1524 Forjado		200/mes min	
D E S C R I Ç Ã O							
	</						

Реша n^o:

98

Nome :

Pino

Material:

SAE 1213

Bore and depth of ϕ 3/8"

Loss:

200/
ms
min

[illegible]

Peça nº:

12

Nome :

Buche

Material:

Brnze Fundido

SAE J462a

Lots:

200/mms

Min

Op. Nº	MÁQUINA	Tempo Prep. e Man.	Tempo Usina- gem	Pças Hora	RPM Máquina	Avanço mm / —	Dispo- sitivo	Ferra- menta	D E S C R I Ç Ã O
10	TAN-03	1,2 h	0,05 min	-	680	0,1/volta	-	P-003	Furar e liado - 1 peça
20	TRN-03	1,5	0,03 min	-	680	0,1/volta	-	P-003	Livar fôrca e chombar
30	TRN-03	1,5 h	0,41 min	141	850	0,2/volta	-	P-006	Furar de interno - 1 peça
40	TRN-03	1,7 h	0,116 min	-	120	21/volta	-	R-006	Rosgar canal de óleo
50	TRN-03	1,6 h	0,5 min	115	850	0,2/volta	1201	P-007	União de externo - Speas por vez - 2 peças

[illegible]

III-6 Fluxogramas:

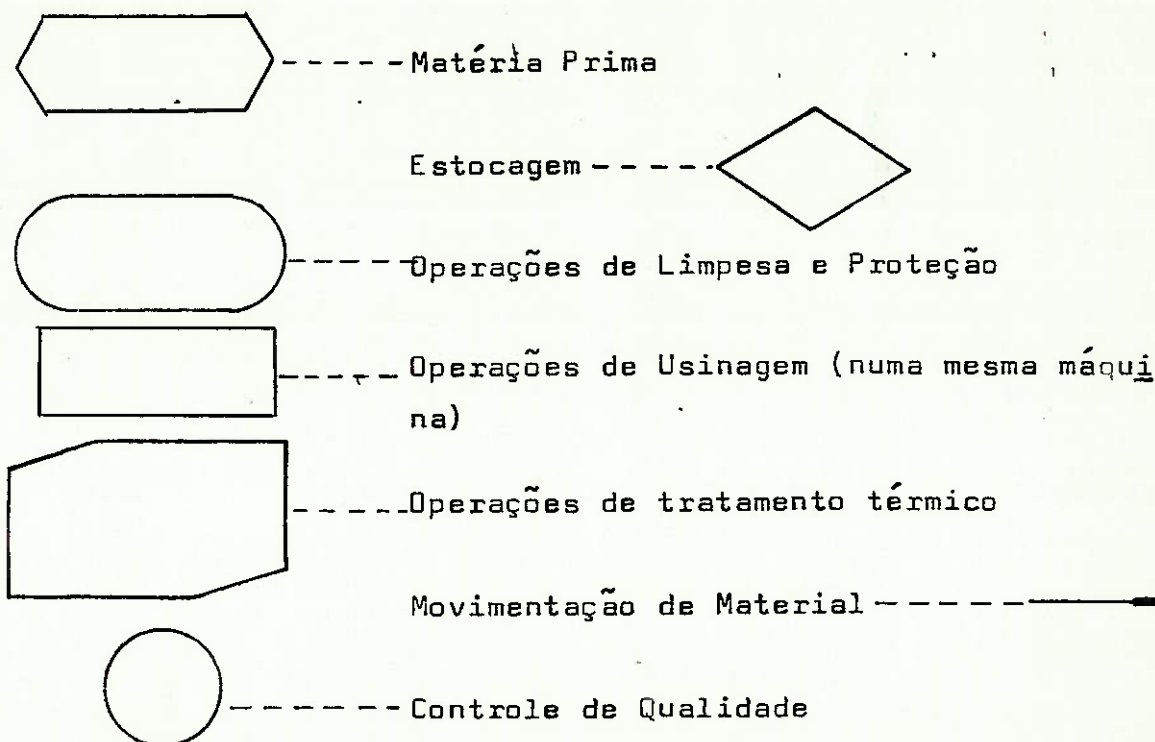
Os fluxogramas são diagramas de processos e de móvi mentação de material.

Nos fluxogramas podemos observar todo o processo de fabricação das peças.

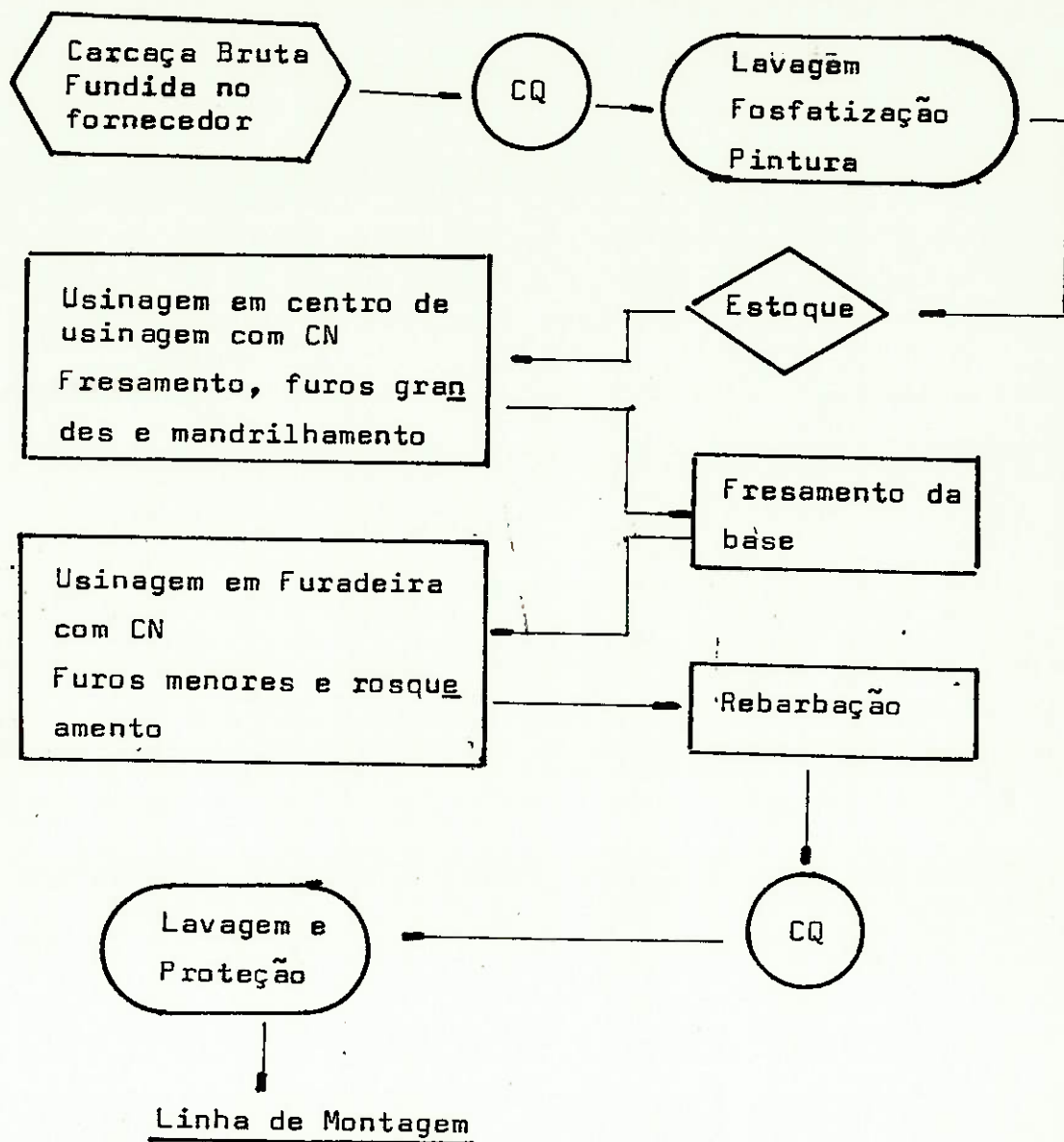
Neles temos todas as operações, porém sem entrar em detalhes, somente dando um apanhado geral de todo o processo.

Visto que já definimos todos os parâmetros dos processos das peças, podemos agora traçar os fluxogramas de cada peça.

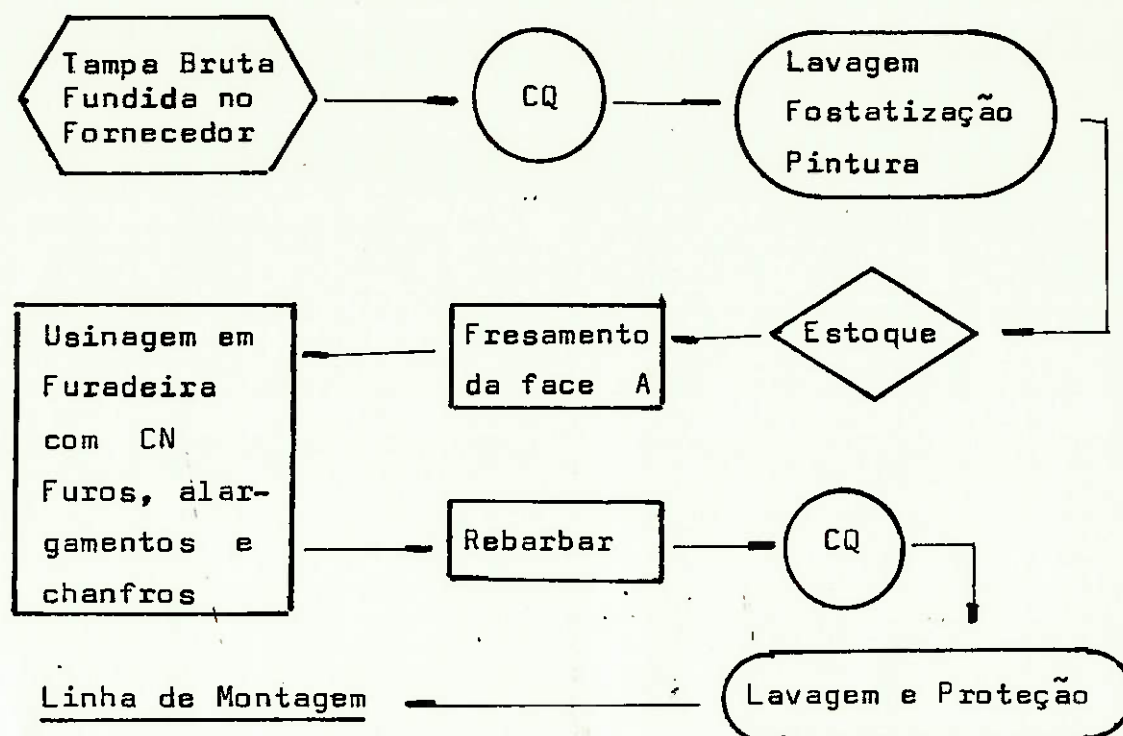
Para a elaboração dos fluxogramas vamos estabelecer as seguintes convenções, para facilitar o entendimento dos processos:



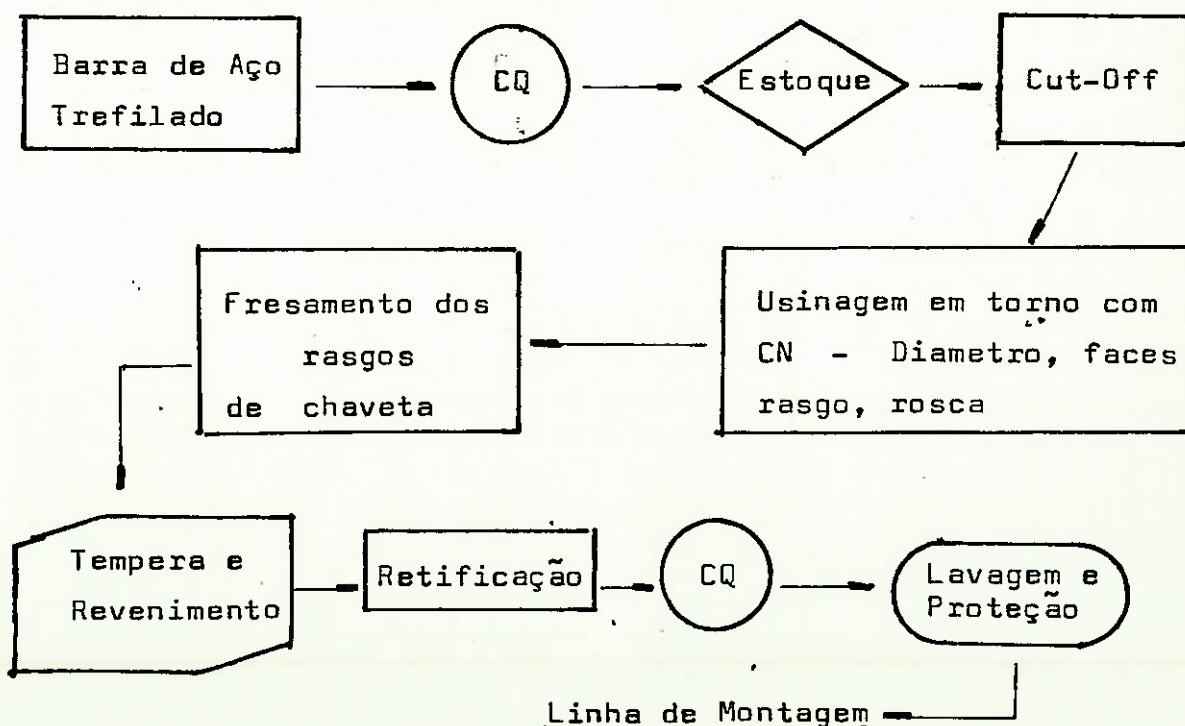
Nas páginas seguintes estão os fluxogramas de cada peça. No item que trata da montagem do mecanismo se encontra um fluxograma de montagem.

FLUXOGRAMA DA CARCAÇA (Nº 1)

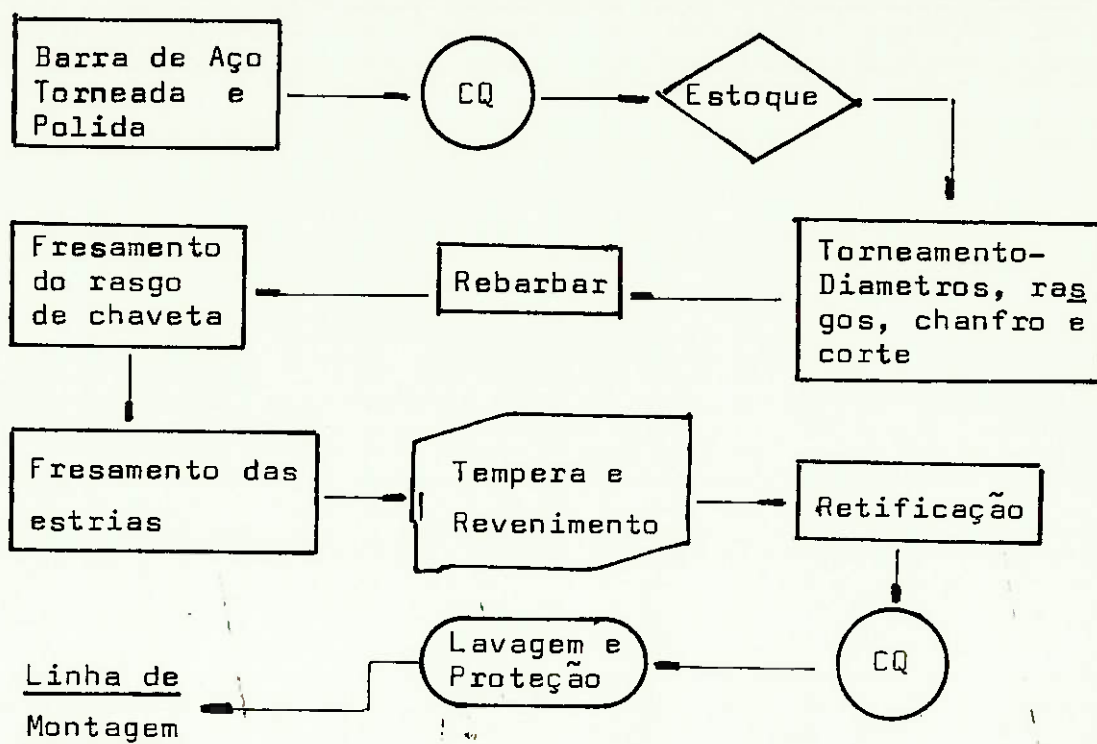
FLUXOGRAMA DA TAMPA (Nº 2)



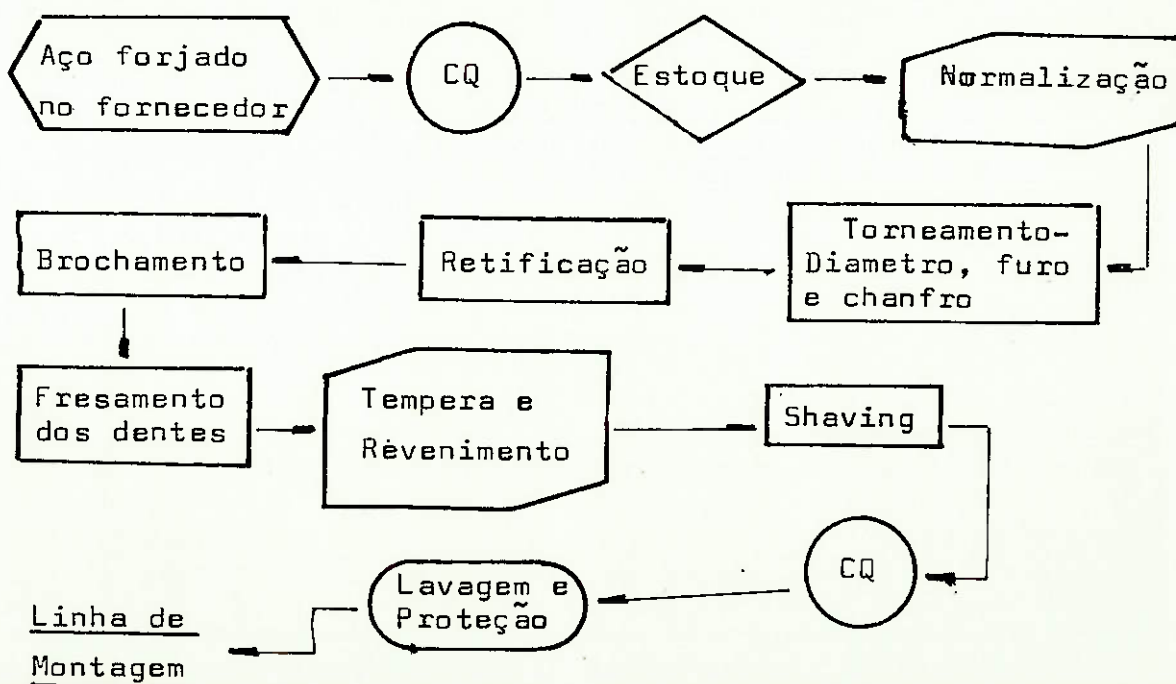
FLUXOGRAMA DO EIXO (Nº 3)



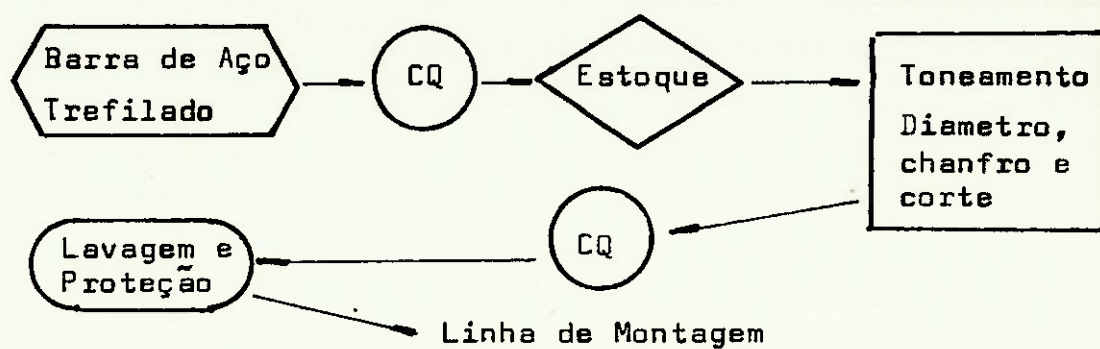
FLUXOGRAMA DO EIXO (Nº 4)



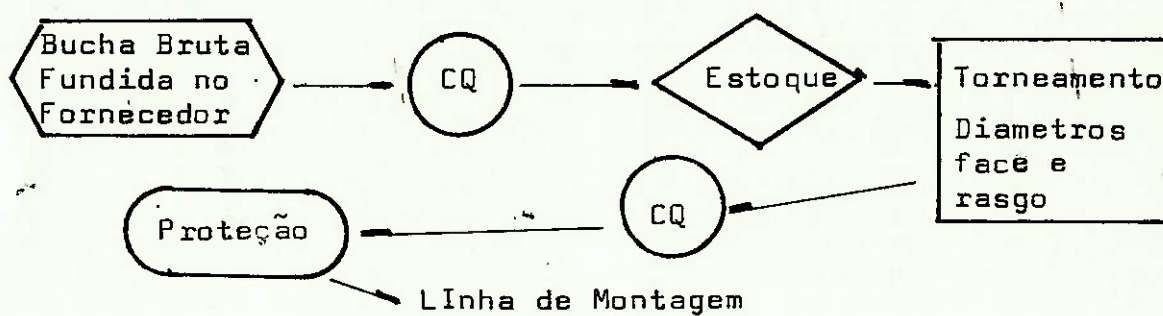
FLUXOGRAMA DA ENGRENAGEM (Nº 5)



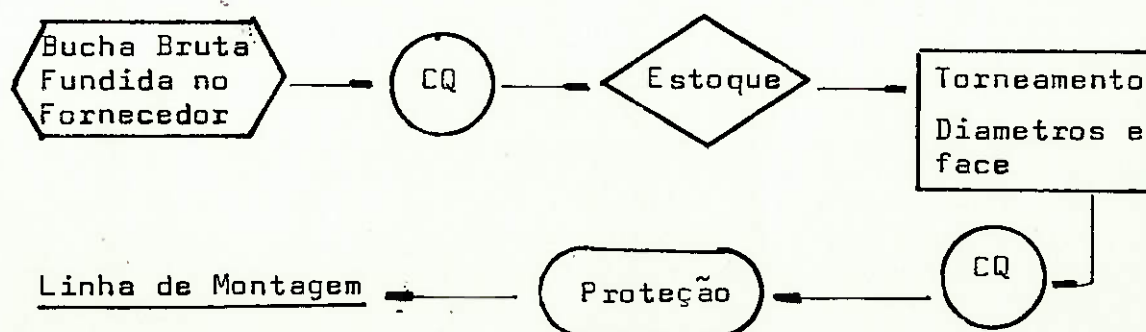
FLUXOGRAMA DO PINO (Nº 8)



FLUXOGRAMA DA BUCHA (Nº 12)



FLUXOGRAMA DA BUCHA (Nº 13)



III-7 Montagem do Mecanismo:

Depois que já temos todas as peças fabricadas, vamos proceder a montagem do mecanismo.

Ela será feita numa linha contínua, tipo esteira, onde os montadores irão juntando as peças, previamente estocadas ao redor da linha.

Em estações sucessivas, as peças são encaixadas e montadas umas sobre as outras, até que o mecanismo esteja completo.

Precisamos então definir a sequência exata de montagem, para posteriormente podermos definir como será o arranjo físico (lay-out) da linha.

A sequência de montagem deve ser tal que não cause problemas de montagem ou ajustagem das peças, e também deve ser o mais prática possível

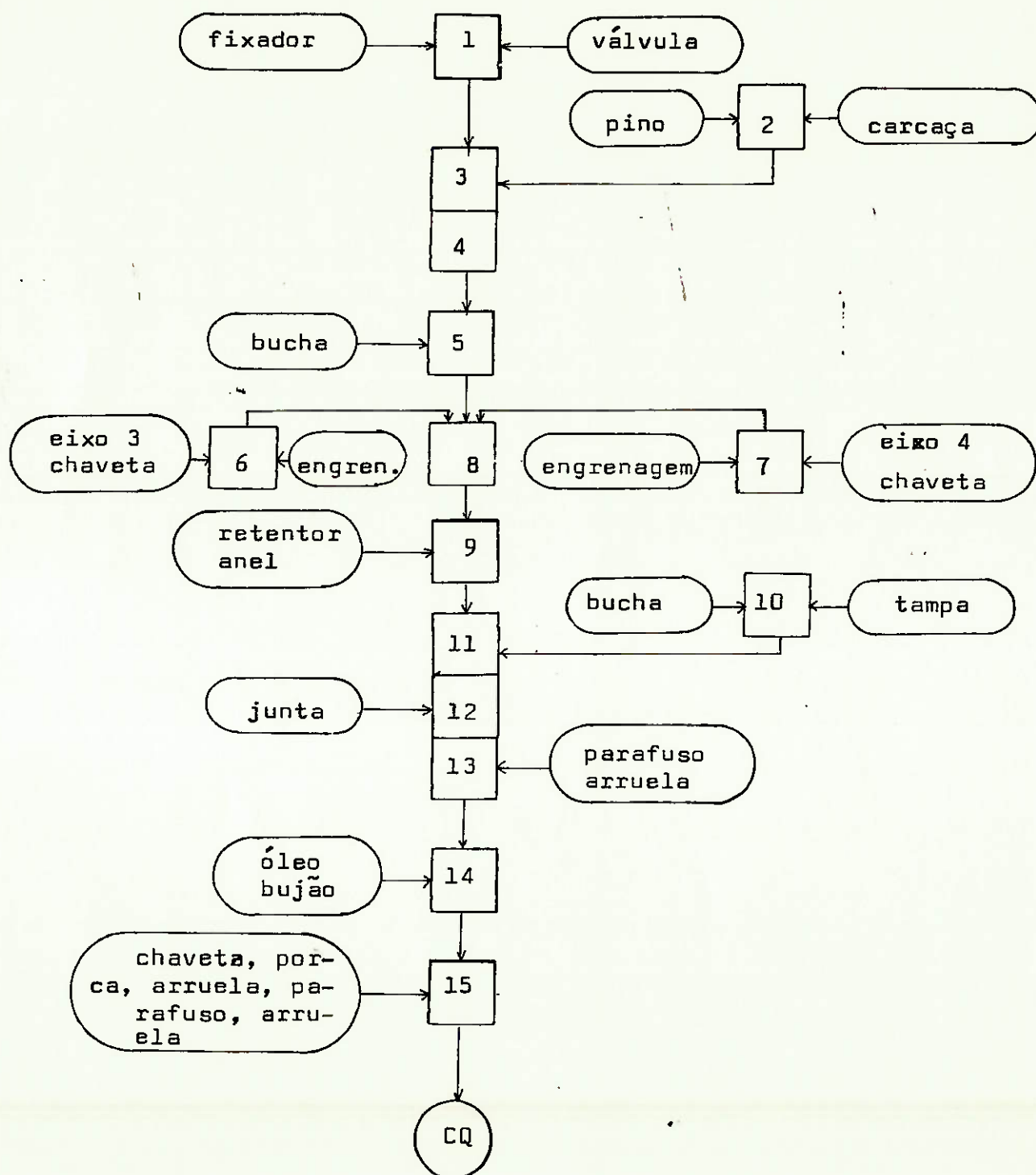
Após algumas tentativas, chegamos à seguinte sequência:

- 1- Rosquear a válvula ao fixador e colocar na linha
- 2- Colocar o pino na carcaça
- 3- Colocar a carcaça na linha com o pino, intercalando com a válvula
- 4- Fixar válvula e fixador na carcaça
- 5- Colocar a bucha na carcaça
- 6- Fixar engrenagem ao eixo 3
- 7- Fixar engrenagem ao eixo 4
- 8- Colocar os eixos na linha, intercalando com a carcaça
- 9- Montar os eixos na carcaça, colocando anel e retentor.
- 10- Colocar a bucha na tampa
- 11- Intercalar a tampa com a carcaça na linha
- 12- Juntar carcaça e tampa, inserindo a junta
- 13- Parafusar a tampa na carcaça
- 14- Injetar óleo lubrificante e vedar com bujões
- 15- Colocar a chaveta e a porca no eixo 3. Prender a chaveta com fita adesiva. Juntar parafuso e arruela da base ao mecanismo.

Como se percebe, algumas ferramentas tem que ser usadas nessa montagem

É o caso de uma pistola pneumática para parafusar e deferramentas para ajustagem de buchas, engrenagens e retentores. Também será usada uma ferramenta especial que injeta óleo e coloca o bujão na tampa.

Para exemplificar e esclarecer a rotina de montagem, segue o fluxograma para montagem:



III-8 Arranjo Físico (lay-out):

Ao se projetar o processo de fabricação de um conjunto de peças, deve-se cuidar para que a movimentação dessas peças entre as máquinas seja a menor possível.

Para isso, devemos projetar um lay-out para a fábrica que possibilite um manuseio e transtorte rápido, e devemos colocar as máquinas em sequência tal que permita um mínimo de movimentação.

Como estamos tratando de uma grande indústria, que já tem um lay-out mais ou menos definido, e como utilizamos máquinas já instaladas, essa parte do trabalho já está feita, não nos interessando mudar nada, pois as máquinas escolhidas fabricam outras peças e já estão dispostas em seções especializadas em usinagem de barras, fundidos, engrenagens, tratamentos térmicos, etc.

Vamos então projetar o arranjo de uma linha de montagem para o mecanismo.

É nossa idéia projetar o arranjo de uma linha tipo esteira, onde se posicionam em volta os recipientes para estocar as peças e as bancadas necessárias à montagem do conjunto.

Estas bancadas e recipientes podem ser móveis, para que a linha (esteira) possa ser aproveitada na montagem de outros mecanismos, visto que a produção (100/mes) deste não preenche as horas da linha.

A linha terá seis estações: a primeira, responsável pela montagem de acessórios na carcaça.

A segunda será a da montagem dos eixos.

A terceira será o lugar onde os eixos serão montados na carcaça

A quarta será a estação de montagem de acessórios na tampa. Ai, também será fechado o mecanismo

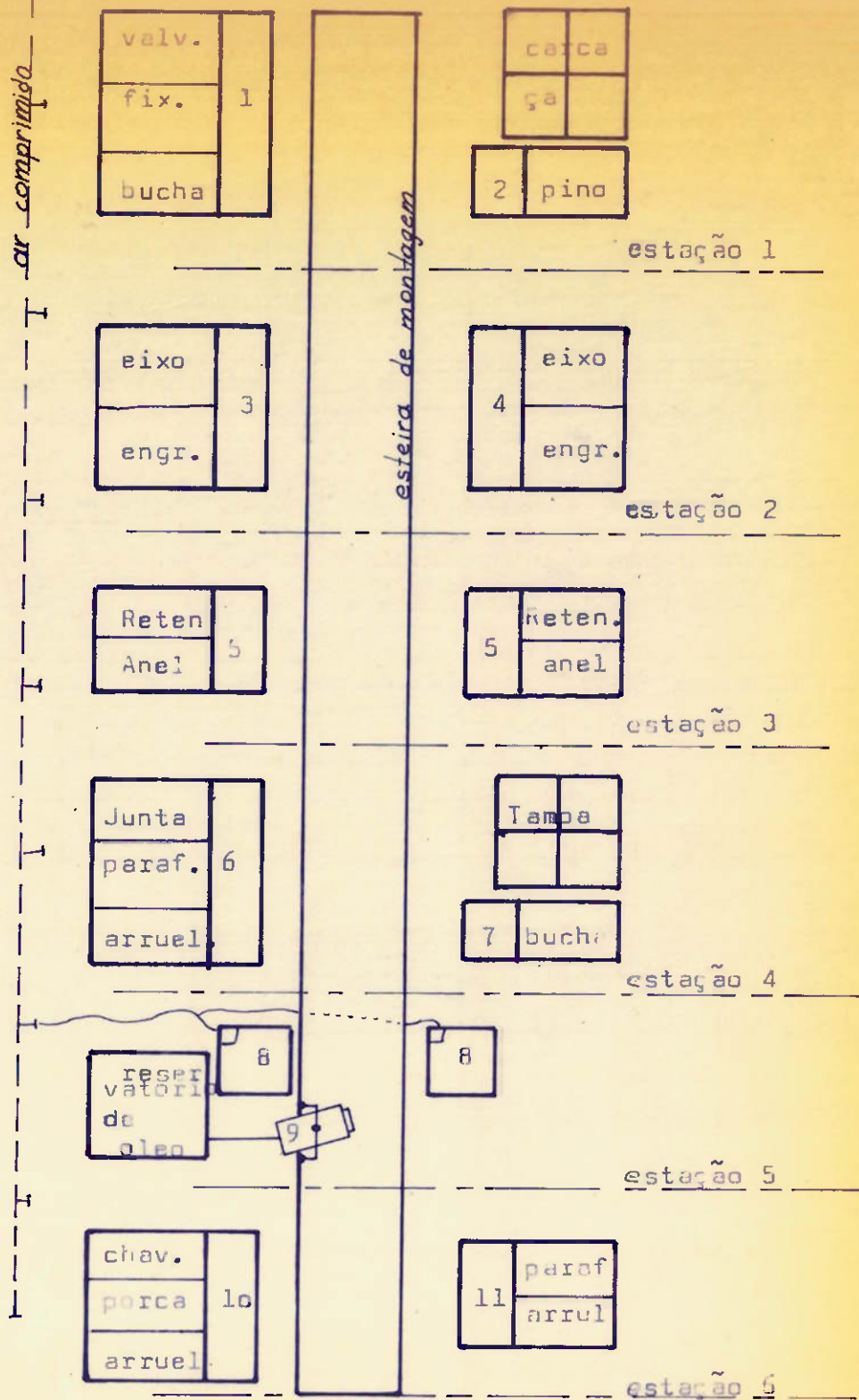
A quinta é onde serão parafusados os parafusos que fecham a caixa e será injetado óleo e colocados os bujões.

Finalmente na sexta serão colocados os acessórios do mecanismo

Como se pode ver no desenho da folha seguinte, a linha é composta de:

- Bancada 1: Bancada com local para estocar a valvula e o fixador
- Bancada 2: Bancada com local para os pinos e caçambas para a garça
- Bancada 3: Bancada com local para eixo, chaveta e engrenagem
- Bancada 4: Idem à bancada 3, mudando o eixo que é estocado
- Bancada 5: Bancada com local para retentor e anel (2 un.)
- Bancada 6: Bancada com local para estocar junta, arruela e parafuso
- Bancada 7: Bancada para bucha e caçambas com a tampa
- Bancada 8: Bancada com pistola pneumática para parafusar (2 unidades)
- Bancada 9: Máquina para injetar óleo e prensar bujões
- Bancada 10: Bancada com local para chaveta, porca e arruela
- Bancada 11: Bancada com local para estocar parafuso e arruela.

Como se vê, temos 2 bancadas de número 5 e duas bancadas de número 8, pois achamos que por serem montagens mais difíceis ou que tomam algum tempo, poderiam estrangular a linha, e como se sabe, a linha de montagem não deve ter pontos de engarrafamento, para não prejudicar a agilidade de montagem que ela proporciona.



-	s/ escala	-	-
E.P.U.S.P	PMC-	aluno Mário P. Monteiro Jr.	prof E. Bresciani F.
NOV/1983	ARRANJO FÍSICO DA LINHA DE MONTAGEM		fl nº 80

IV- FERRAMENTAS E DISPOSITIVOS:

Em todas as operações de usinagem, é necessário que se tenha instrumentos adequados para que se consiga a precisão ou a agilidade necessárias à execução conveniente de uma peça.

As ferramentas devem ser escolhidas com bastante cuidado e rigor, pois além de serem responsáveis diretas pela precisão e acabamento das peças, também são grandes responsáveis pelos custos do processo.

Existem ferramentas adequadas para cada tipo de operação de usinagem, considerando-se formas e materiais das mesmas.

Uma escolha errada de forma ou material da ferramenta pode causar a perda de qualidade das peças ou ainda o gasto excessivo de ferramentas, o que pode encarecer demasiadamente o processo, até inviabilizando-o.

Neste trabalho, não vamos nos dedicar à um estudo detalhado das formas e materiais das ferramentas utilizadas.

Vamos porém, indicar o tipo de material de que é feita a ferramenta e seu tipo de classificação quanto à forma e aparelhos acoplados.

Um projeto detalhado de ferramentas, principalmente considerando que temos um número muito grande delas nos processos, se tornaria um projeto de porte igual ou maior até que este nosso.

Sendo assim, nos limitaremos à apresentação de uma lista com a descrição, características e material das ferramentas utilizadas. Esta lista se encontra no anexo 3.

Quanto aos dispositivos, eles são responsáveis pela agilização do processo, e também pela precisão das operações.

Os dispositivos de usinagem, são aparelhos ou mecanismos com funções diversas (prender, movimentar, posicionar, etc) tanto junto à peça, quanto à ferramenta.

No nosso processo não utilizamos nenhum dispositivo que atuasse junto à ferramenta. Todos eles são mecanismos para

prender e posicionar adequadamente a peça em relação à ferramenta.

Esses dispositivos geralmente são feitos artesanalmente numa ferramentaria, com alto grau de precisão, já que serão posteriormente utilizados na fabricação de peças em série.

Sendo assim, envolvem uma carga muito grande de projeto, tanto na sua idealização, quanto no seu processo de fabricação.

Portanto, cairíamos no mesmo problema do projeto de ferramentas se fossemos detalhar o projeto dos dispositivos.

Porém, temos que apresentá-los, pois isso se torna imprescindível para o entendimento completo do projeto.

Vamos então, descrevê-los e apresentar as funções de cada um, e no anexo 4, mostramos os "croquis" de cada um.

É necessário citar que esses "croquis" são desenhos preliminares, que provavelmente sofreriam alterações e melhorias se fossemos projetá-los detalhadamente.

Passaremos então a descrever os dispositivos:

Dispos. 0101: É um dispositivo utilizado na usinagem da carcaça.

Sua função é posicionar a carcaça com a base para baixo e a face A na vertical.

Uma outra função, é girar a carcaça de 180° em relação ao porta ferramentas da máquina, para poder usinar a face oposta à face A.

Será acoplado à máquina CNU-01 e será utilizada nas operações de números: 30, 40, 50, 60, e 70.

Seu funcionamento é simples e pode ser compreendido pelo "croquis" no anexo 4.

Dispos. 0102: É um dispositivo também usado na usinagem da carcaça, operações 80 e 130. Será acoplado às máquinas FRS-01 e FUR-01.

Sua função é posicionar a base na horizontal, voltada para cima sua parte inferior, para que seja faceada e furada. O dispositivo não deve ferir as faces já usinadas.

Dispos. 0103: É outro dispositivo para usinar a carcaça, que tem a função de posicionar a face A da peça, voltada para cima, para que sejam feitos furos e roscas. Não tem função de movimentação ou posicionamento da peça.

Será acoplado na furadeira FUR-01 e usado nas operações 90, 100, 110 e 120 da carcaça.

Dispos. 0201: Este dispositivo será utilizado na usinagem da tampa. Sua função é posicionar a face A, voltada para cima, para operação de faceamento. Será acoplada na fresadora FRS-01.

Dispos. 0202: Trata-se de um dispositivo que será acoplado à furadeira FUR-01 para operações de furação e rosqueamento.

Sua função é posicionar a peça adequadamente para essas operações e também girá-la de 180° para usinagem do outro lado.

Será utilizado nas operações: 40, 50, 60, e 70 da tampa.

Dispos. 0501: É um dispositivo simples que visa fixar a engrenagem para usinagem dos dentes. É um dispositivo bastante fácil de ser construído e que será acoplado à fresadora FRS-02 para operação 70. Pode ser modificado para fresar duas engrenagens simultaneamente.

Dispos. 1201: É um dispositivo que visa permitir a usinagem do diâmetro externo de cinco buchas ao mesmo tempo. Será acoplado ao torno TRN-03

Dispos. 1301: É semelhante ao dispositivo 1201, sendo que será usado na usinagem da bucha número 13.

V- Conclusões:

Procuramos fazer esse trabalho, tendo em vista a situação e características atuais da empresa ao qual ele se refere.

Procuramos também aproveitar as máquinas existentes e processos já conhecidos e de comprovada eficiência.

Embasados em conceitos teóricos adquiridos das bibliografias citadas, juntamos os conceitos práticos que observamos na fábrica durante o estágio na indústria, para projetarmos o processo de fabricação das peças da melhor maneira que nos foi possível.

Procuramos sempre reduzir os custos referentes a operações inúteis e manuseios demasiados, além de utilizar os processos que se apresentavam menos custosos.

Durante a confecção do trabalho relegamos alguns assuntos à segundo plano, pois entendemos que esses assuntos já estavam definidos na indústria ou por que fugiam aos objetivos do trabalho.

O trabalho se mostrou bastante interessante, pois nos fez fixar com mais profundidade alguns conceitos sobre materiais e processos, principalmente o lado prático dos processos.

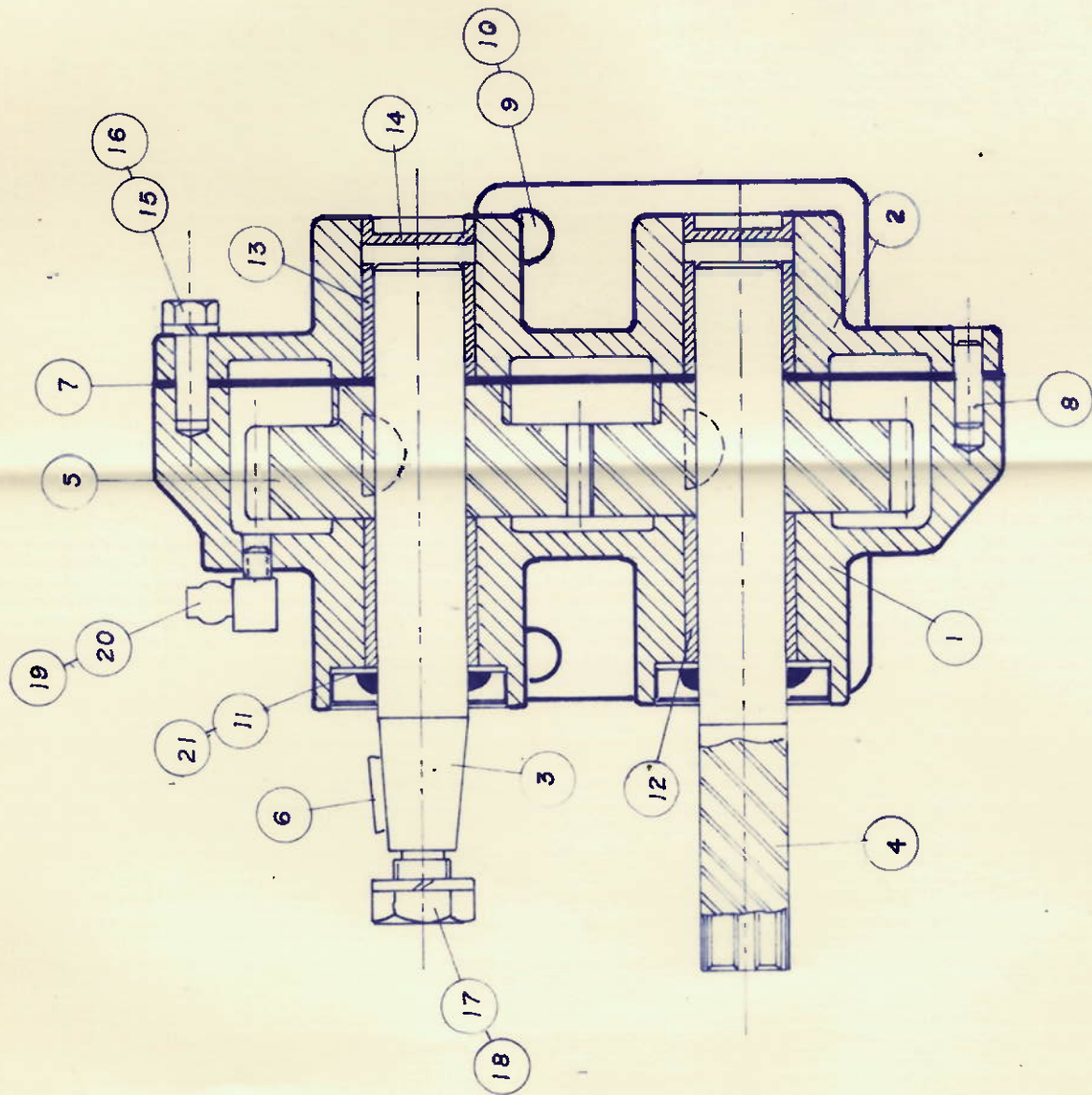
Aproveitamos aqui para agradecer à todos os funcionários da Caterpillar Brasil SA que tiveram envolvimento direta ou indiretamente com esse trabalho.

ANEXO 1: DESENHO DE CONJUNTO

pg. 86

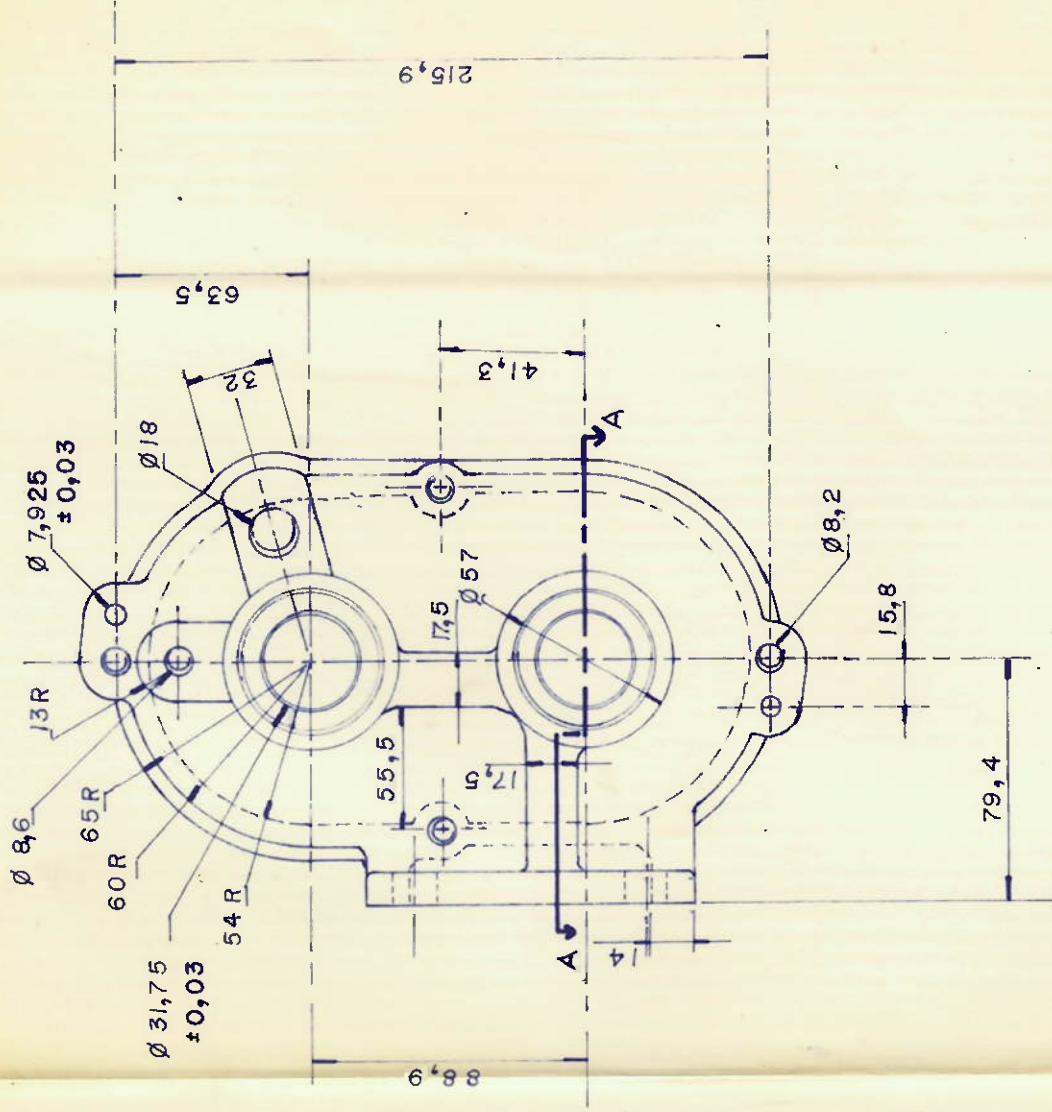
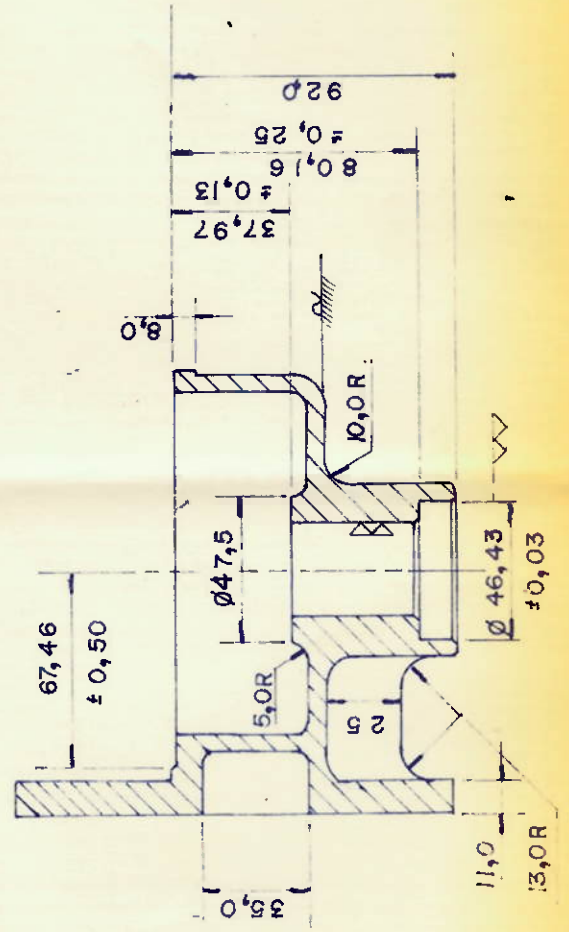
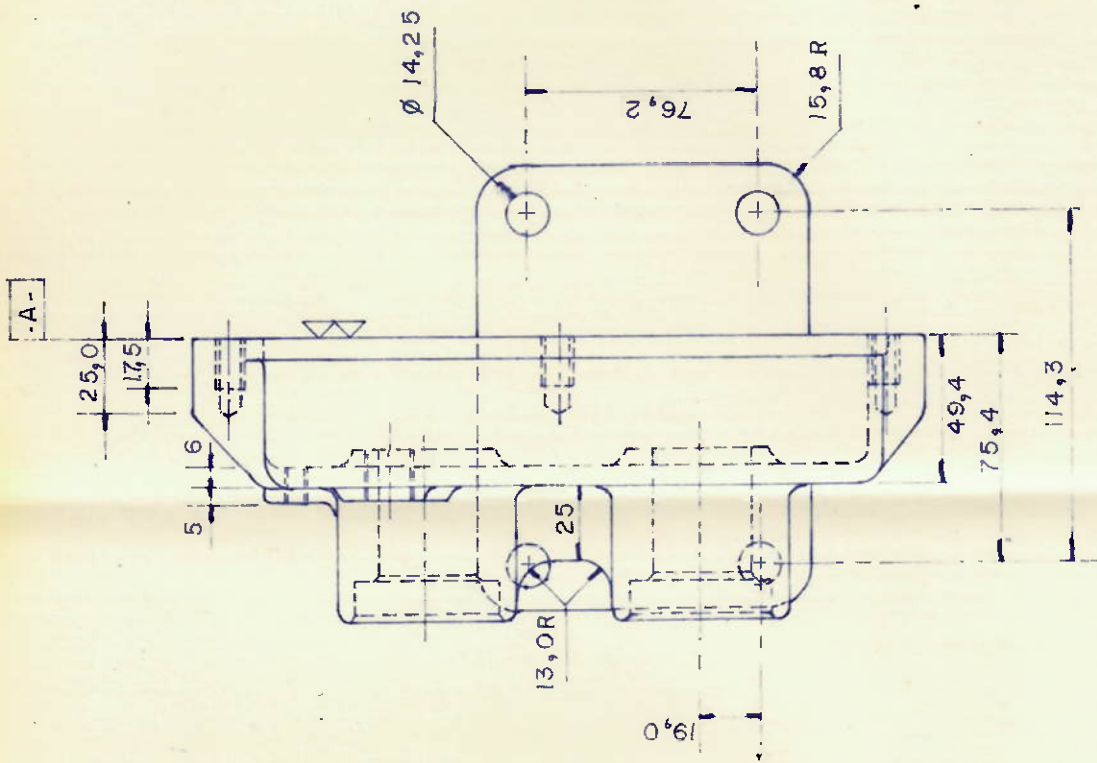
ANEXO 2: DESENHO DAS PEÇAS

pg. 87 a 97

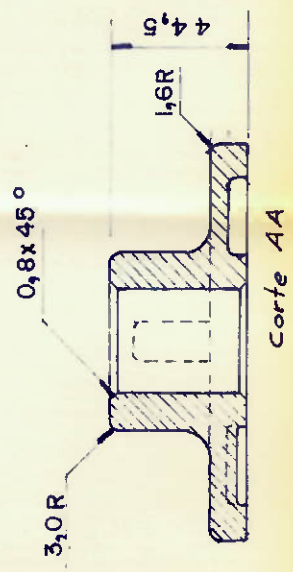
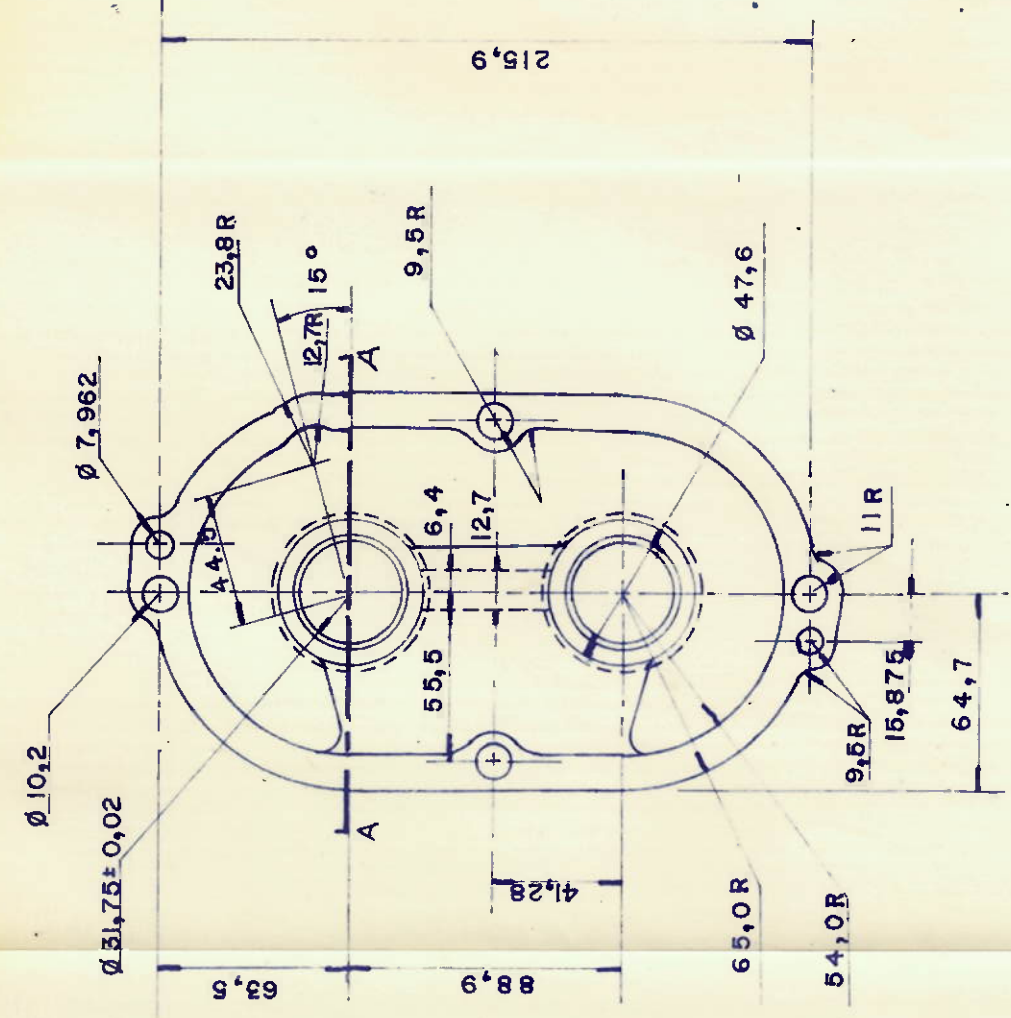
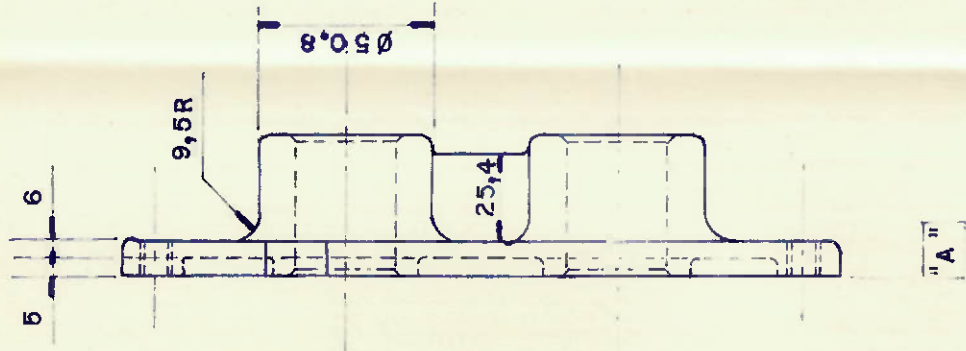



21	Retentor	2	—
20	Fixador	1	Latão SAE CA 360
19	Válvula	1	—
18	Porca	1	Aço SAE 1108
17	" "	1	SAE 1060
16	Arruela de Pressão	4	SAE 1060
15	Parafuso	4	SAE 1035
14	Bujão	1	Aço AISI 430
13	Bucha	2	SAE J462
12	Bucha	2	Bronze SAE J462
11	Anel	2	Borracha ASTM D573
10	Arruela de Pressão	4	SAE 1060
09	Parafuso	4	SAE 1035
08	Pino	2	Aço SAE 1215
07	Junta	1	Asbesto ASTM D471
06	Chaveta	3	Aço SAE 8630
05	Engrenagem	2	Aço SAE 1524
04	Eixo	1	Aço SAE 1045
03	Eixo	1	Aço SAE 1019
02	Tampa	1	ASTMA159
01	Carcasa	1	ASTM A159 - Ferro Fund.
POS.	DESCRIÇÃO	QUANT.	MATERIAL

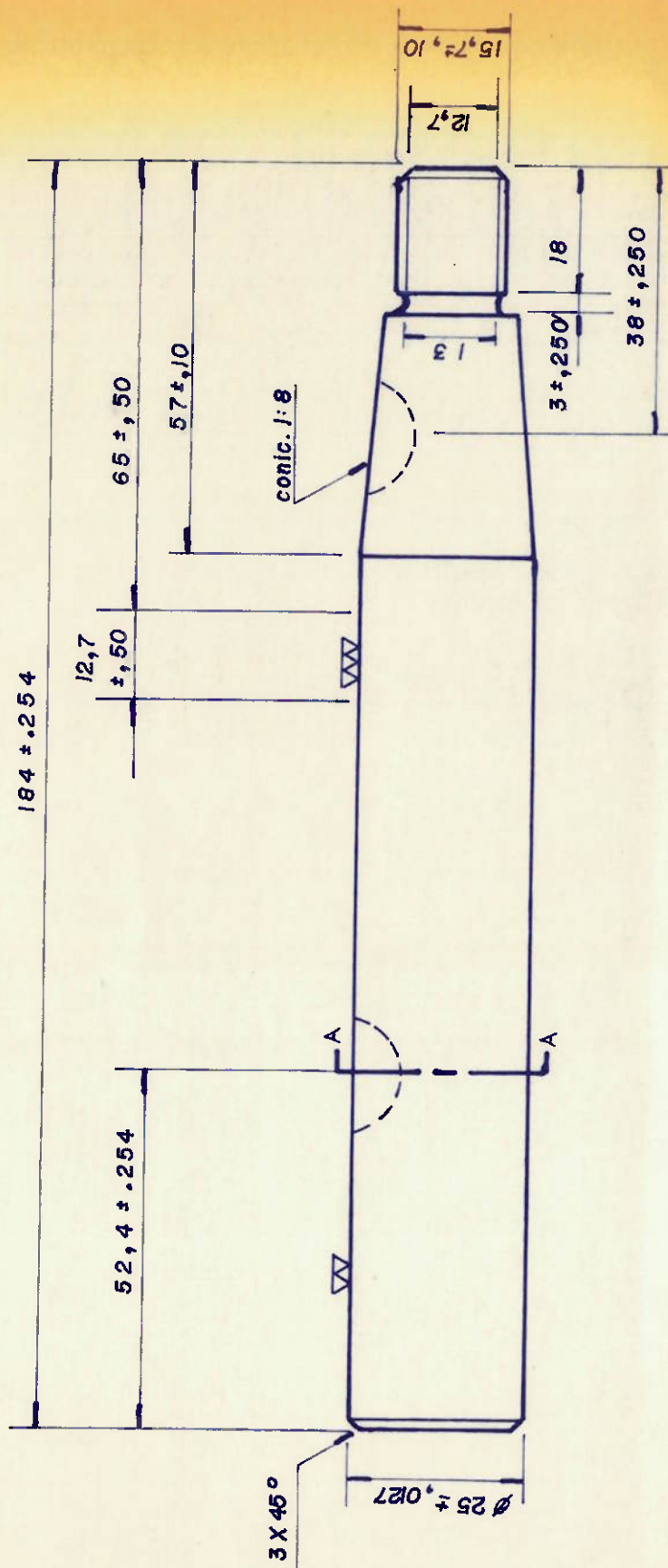
	medidas em mm.	escala: 1:2	
E.P.U.S.P.	PMC - 519	aluno: Mário R. Monteiro Jr.	prof.: E. Bresciani F.
NOV/1983	CONJUNTO - MECANISMO		des. nº: C-1



	medidas em mm.	escala: 1:2,5	material: ferro fund. ASTM A 159
E.P. U.S.P.	PMC-519	aluno: Mário P. Monteiro Jr.	prof.: E. Bresciani E.
out./1983	CARCAÇA (peça nº1)		des. nº P-1

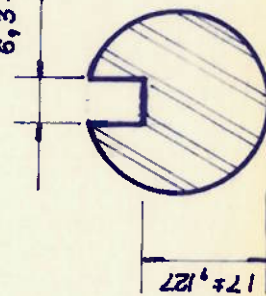


	medidas em mm.	escala: 1:2,5	material: ASTM A159
E. P. U. S. P.	P M C - 519	aluno: Mário P. Monteiro Jr.	prof.: E. Bresciani F.
OUT. / 1983	T A N P A (peça nº 2)		des. nº: P-2



Rosca: 5/8" UNC
18 dentes/pol.

6,3 ± 0,23



corte "A-A"



medidas
em mm.

escala: 1:1

material: SAE 1019

E. P. U. S. P.

PMC- 519

aluno: Mário R. Monteiro Jr.

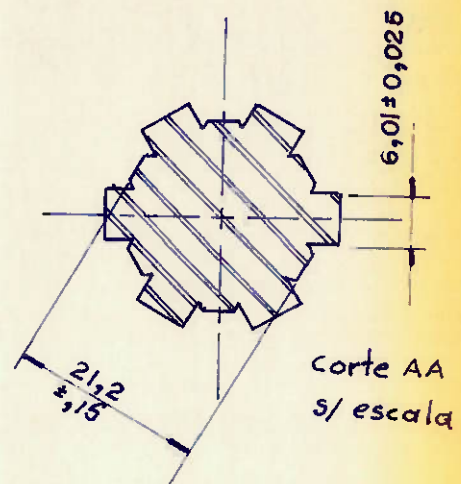
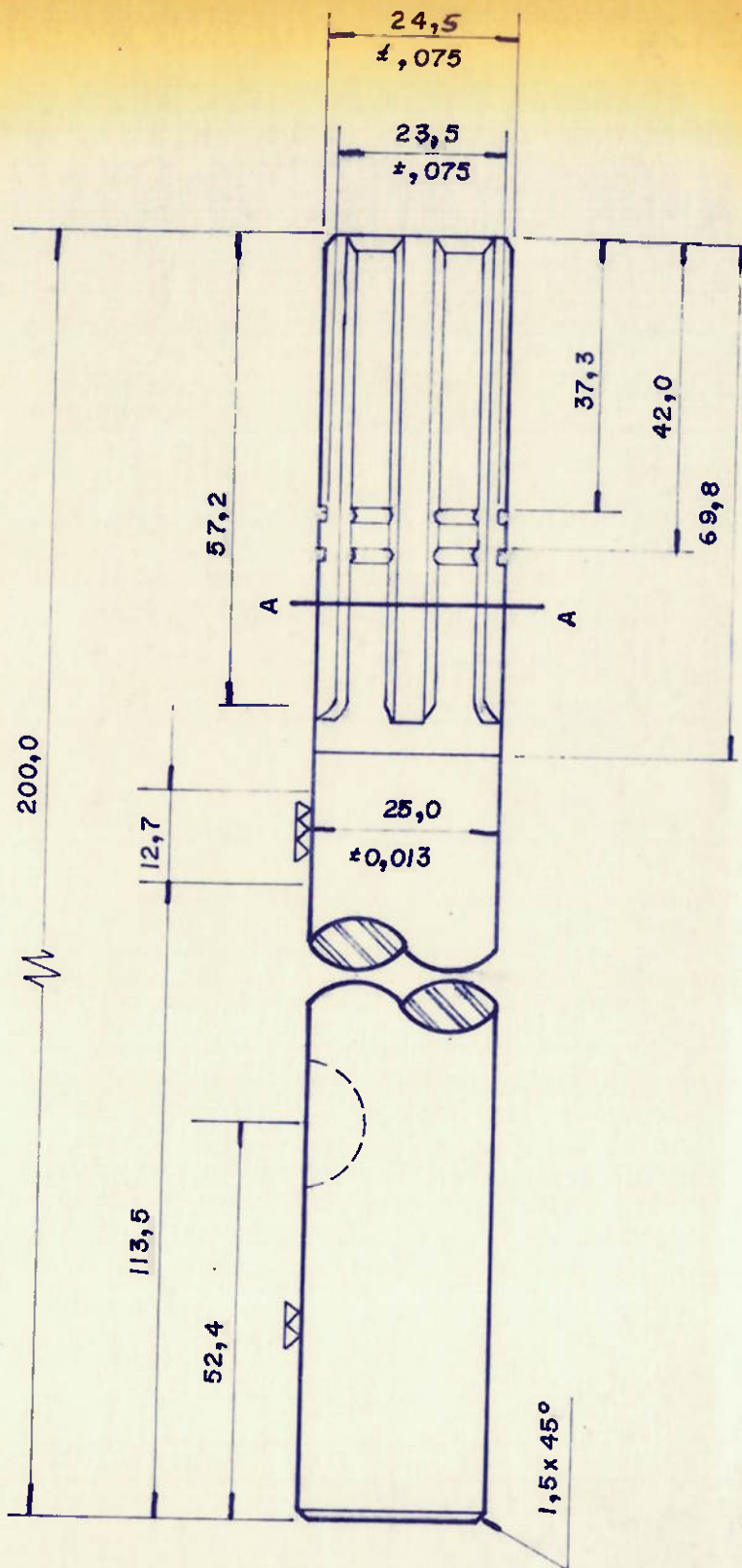
prof.: E. Bresciani F.


OUT./1983

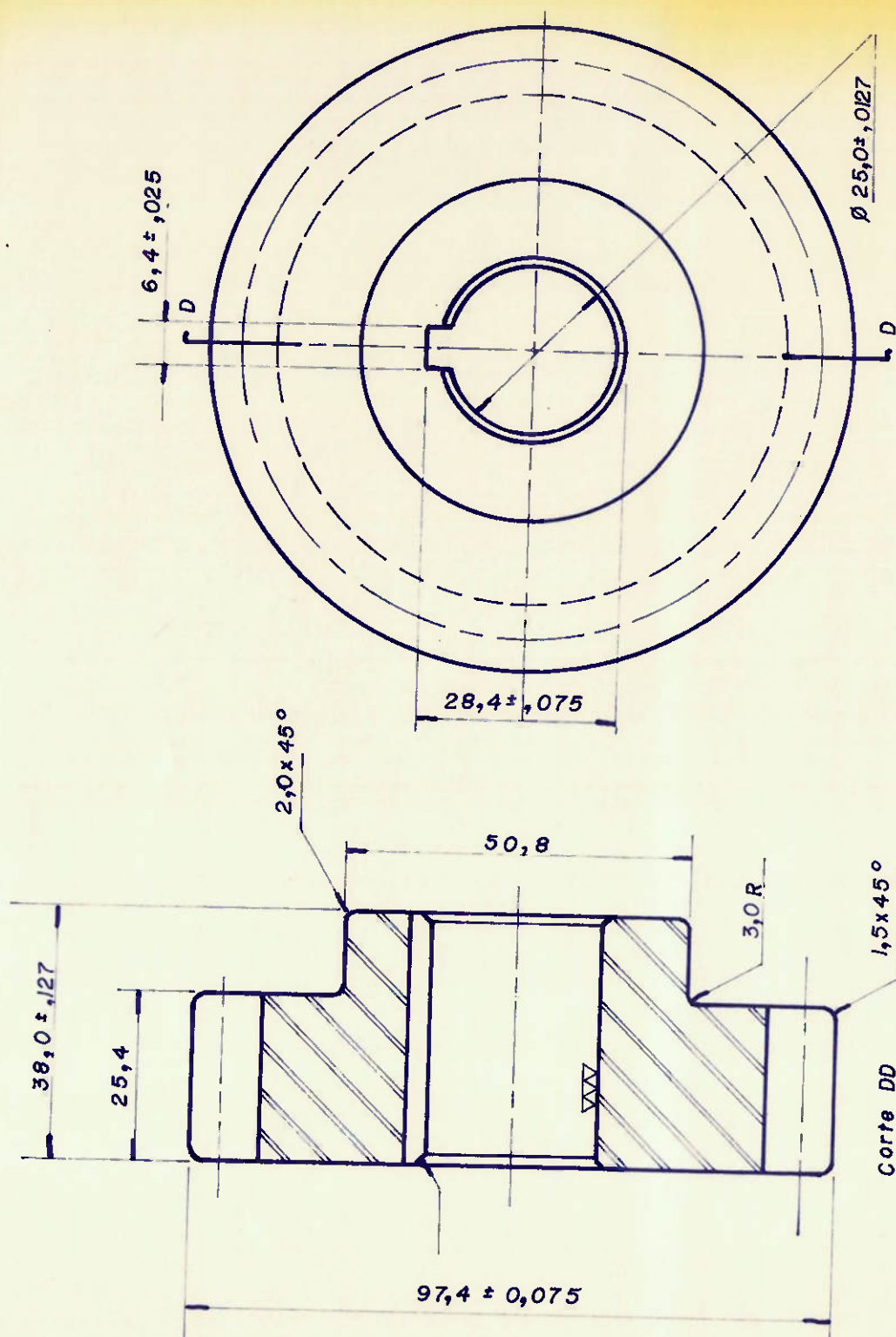
EIXO (peça nº 3)

des. nº:

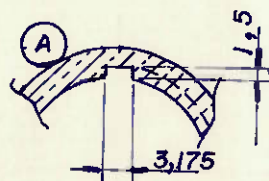
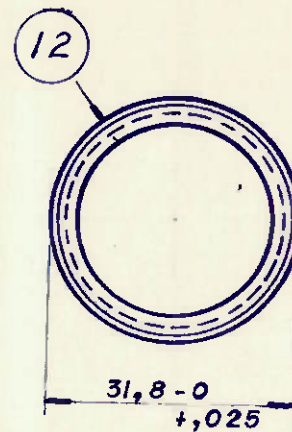
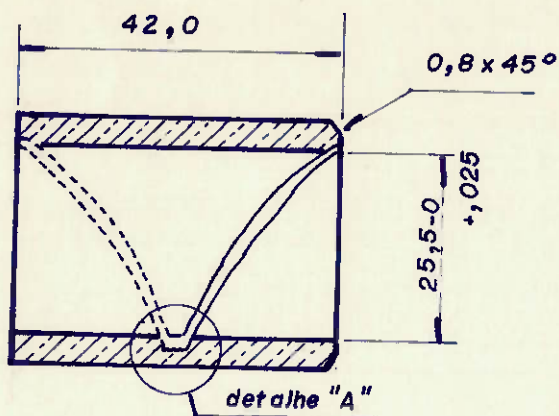
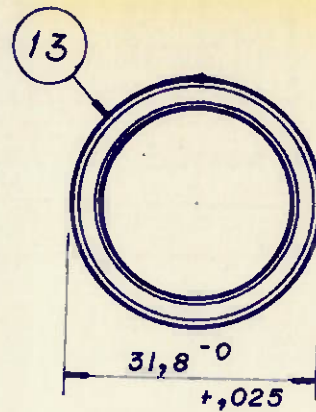
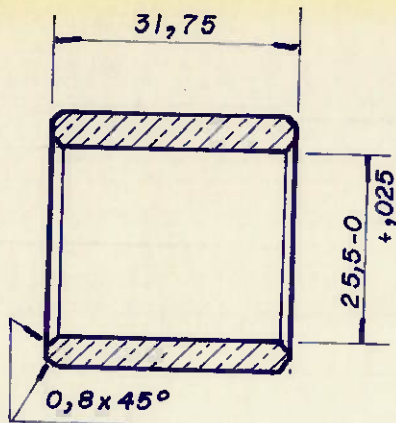
P. 3



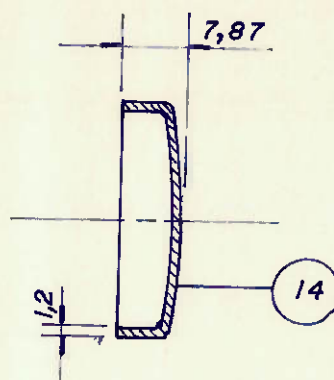
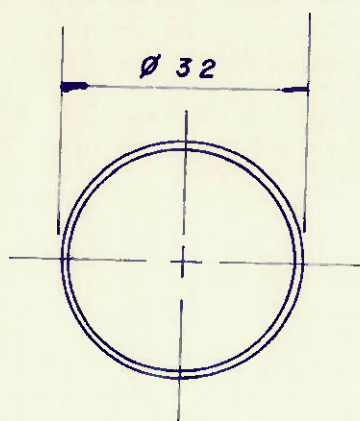
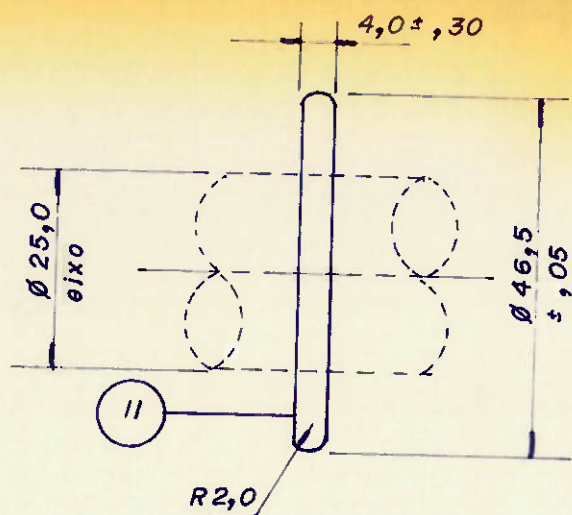
	medidas em mm.	escala: 1:1	material: SAE 1045	
E. P. U. S. P.	PMC- 519	aluno: Mário P. Montelro Jr.		prof.: E. Bresciani F.
OUT./1983	EIXO (peça nº 4)			des nº P-4



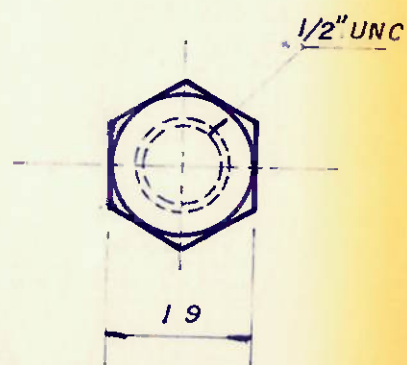
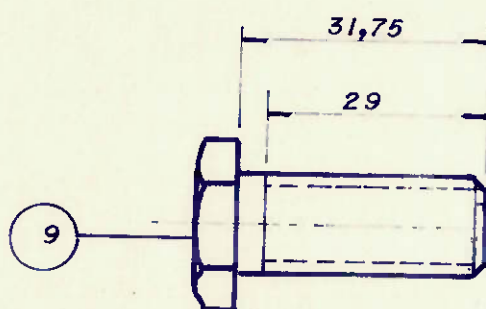
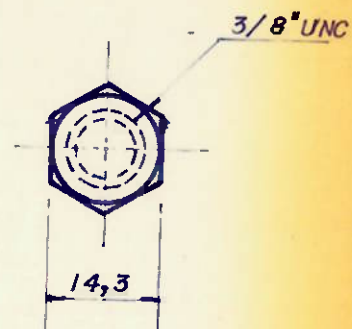
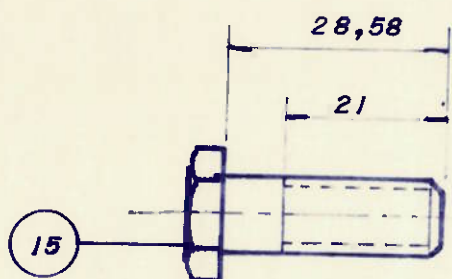
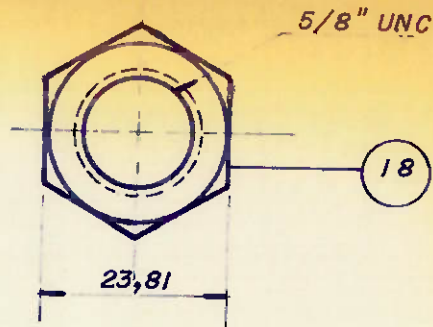
	medidas em mm.	escala: 1:1	material: SAE 1524
E. P. U. S. P.	PMC - 519	aluno: Mário P. Monteiro Jr.	prof.: E. Bresciani F.
OUT/1983	ENGRENAGEM (peça nº 5)		des. nº: P-5



	medidas em m. m.	escala: 1:1	material: SAE J 462 a
E. P. U. S. P.	PMC- 519	aluno: Mário P. Monteiro Jr.	prof.: E. Bresciani F.
NOV. / 1983	BUCHAS (peças nºs 12 e 13)		des. nº P-6

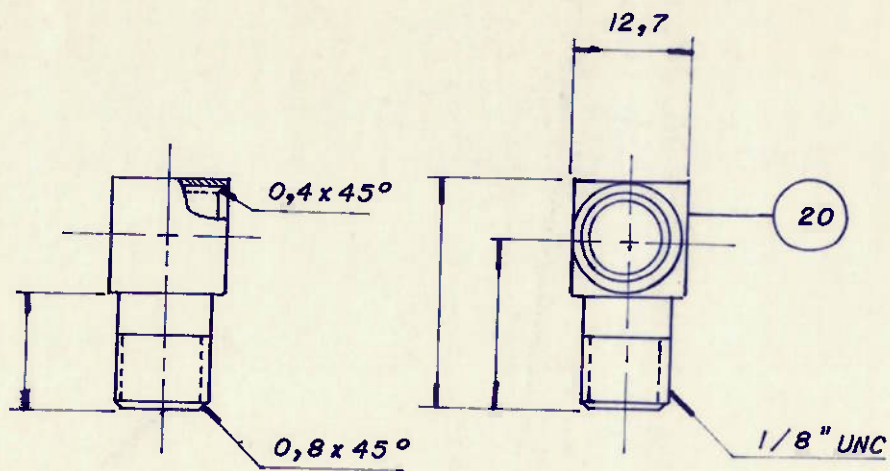
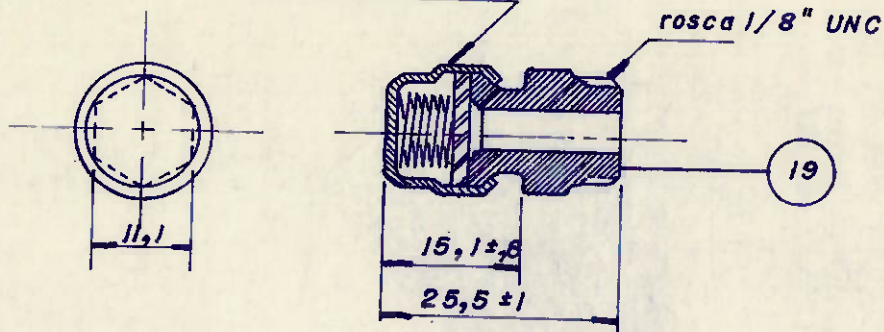


	medidas em mm	escala: 1:1	Material: Borracha Aço AISI 430
E.P.U.S.P.	PMC - 517	aluno: Mário P. Monteiro Jr.	prof: L. Bresciani F.
NOV/ 1983	BUCHÃO (PEÇA Nº 14) - ANEL (PEÇA Nº 11)		des nº P-8

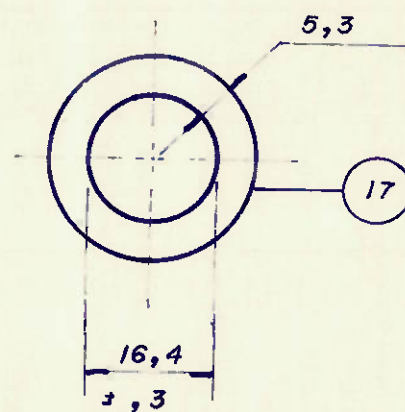
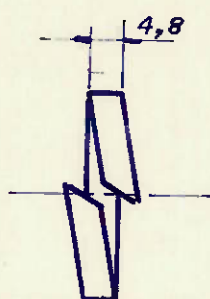
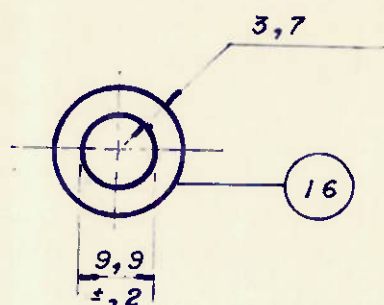
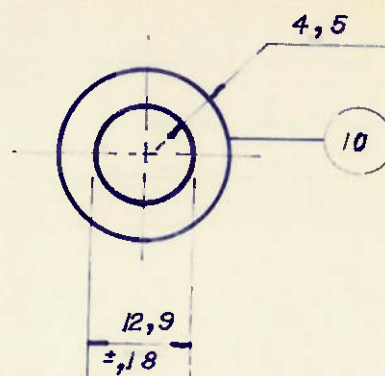
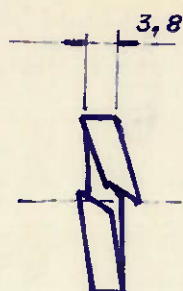


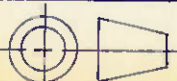
	medidas em mm	escala: 1:1	Material : SAE 1018 SAE 1035
L.P.U.S.P.	PMC - 519	aluno: Mário P. Monteiro Jr.	prof. L. Bresciani F.
NOV/1983	PARAFUSOS (PEÇAS 9 e 15) - PORCA (Nº 18) des nº		P-9

A capa deve girar
livre sobre a valv.

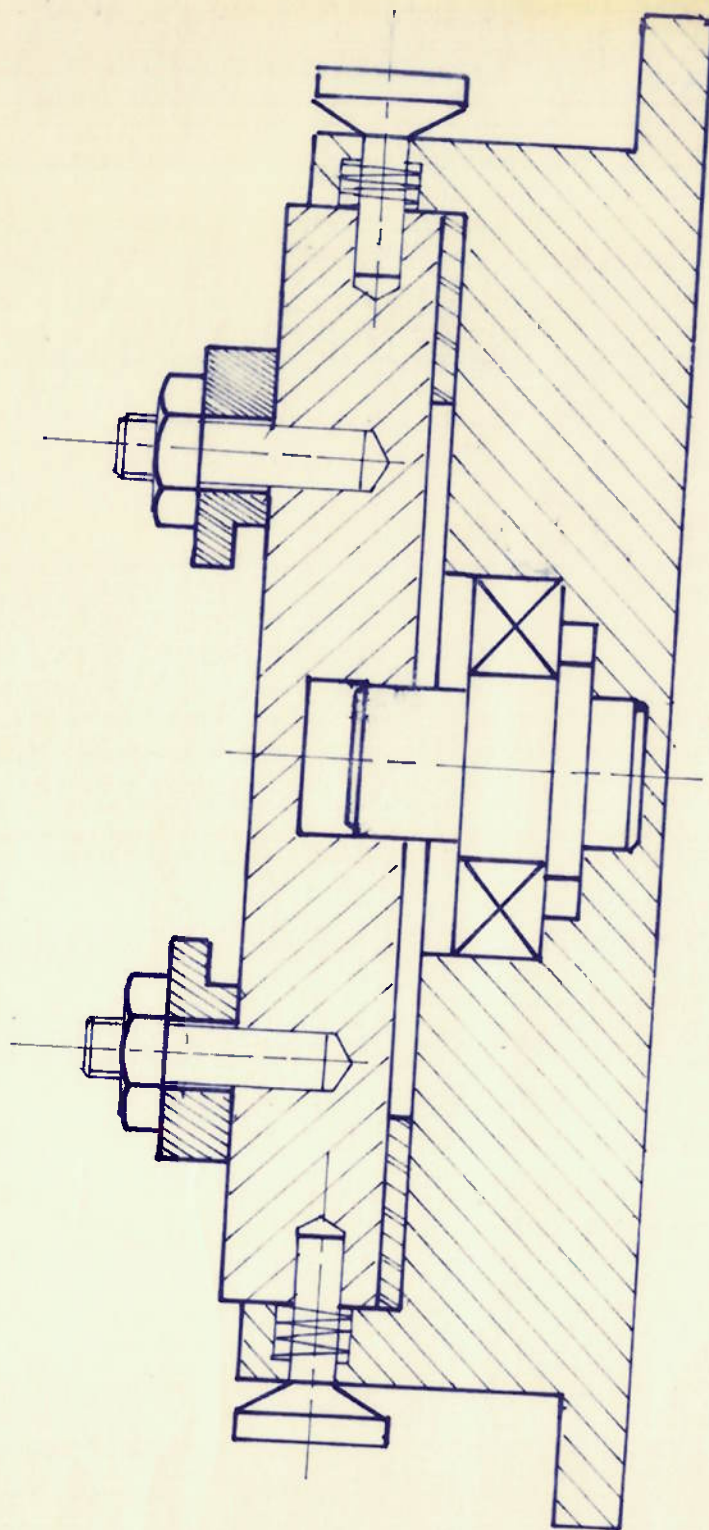


	medidas em mm	SEM ESCALA	
E.P.U.S.P.	PMC - 519	aluno: Mário P. Monteiro Jr.	prof: E. Bresciani Jr.
NOV/ 1983	VÁLVULA (PEÇA Nº 19) - FIXADOR (PEÇA 20)		P-10

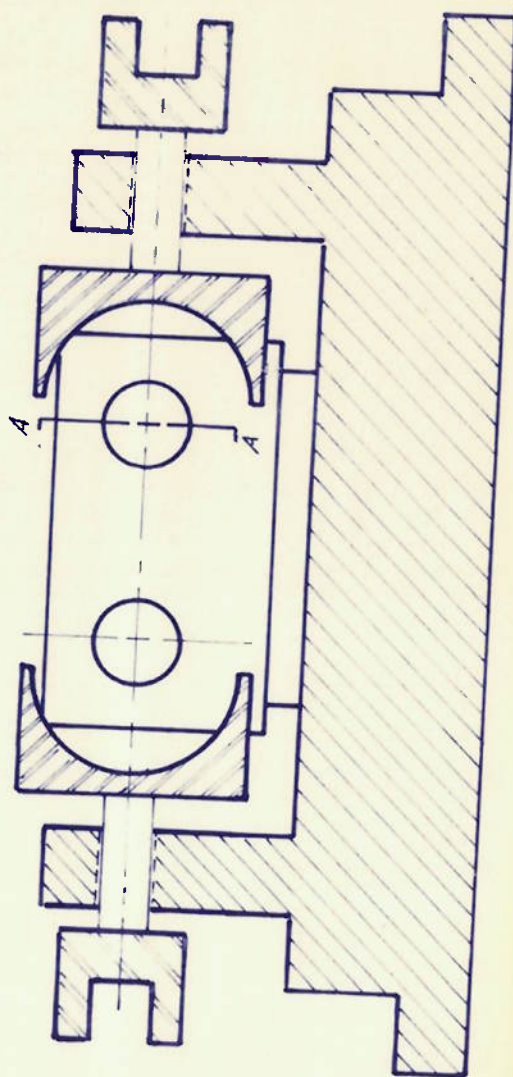
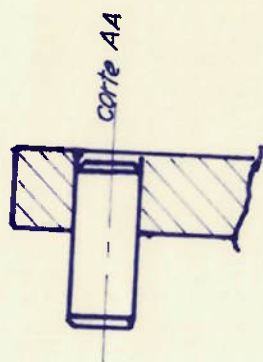


	medidas em mm	escala 1:1	Material: SAE 1050	
E.P.U.S.P.	PMC - 519	aluno: Mário P. Monteiro Jr.		prof: C. Bresciani F.
NOV/1983	ARRUELAS (PEÇAS 10, 16 e 17)			des. nº P-11

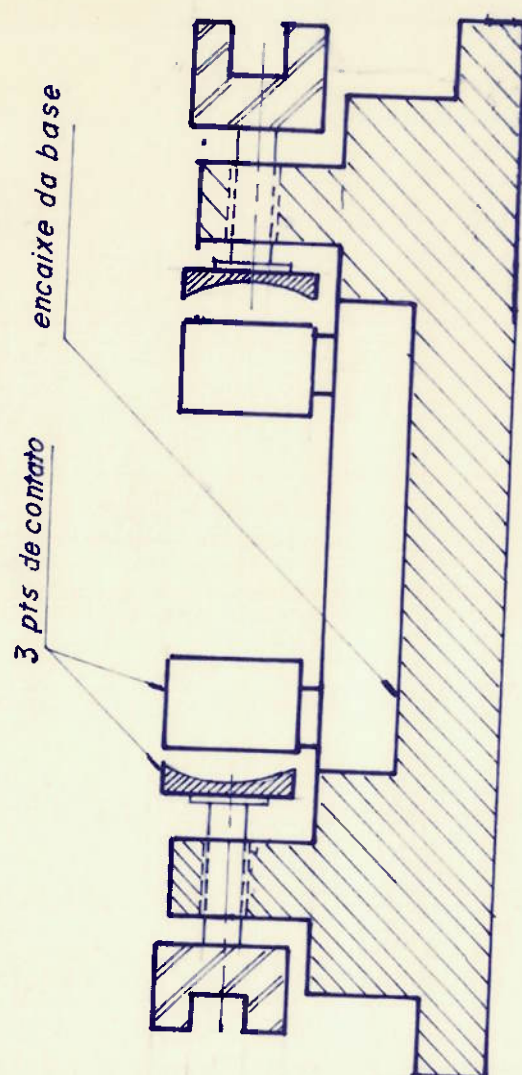
ANEXO 3: DISPOSITIVOS DE USINAGEM



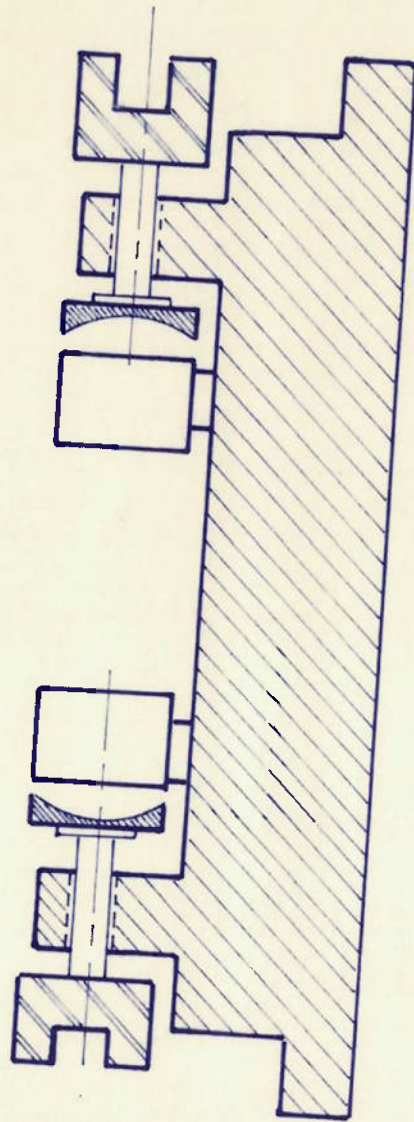
		sem escala	material: ferro fundido
E.P.V.S.R.	PMC - 519	aluno: Mário P. Monteiro Jr.	prof.: E. Bresciani P.
NOV/ 1983	DISPOSITIVO 0101		



		sem escala	Material: ferro fundido
C.P.T. . . P.	PAC - 519	aluno: Mário P. Monteiro Jr.	prof: E. Bresciani Ps.
NOV/1987	DISPOSITIVO 0102		



		sem escala	Material: ferro fundido
E.P.U.S.P.	PNC - 519	aluno: Mário P. Monteiro Jr.	prof: E. Bresciani Sr.
NOV/ 1983	DISPOSITIVO 0103		



sem escala

material: Ferro Fundido

F.P.U.S.P.

INC - 519

aluno:

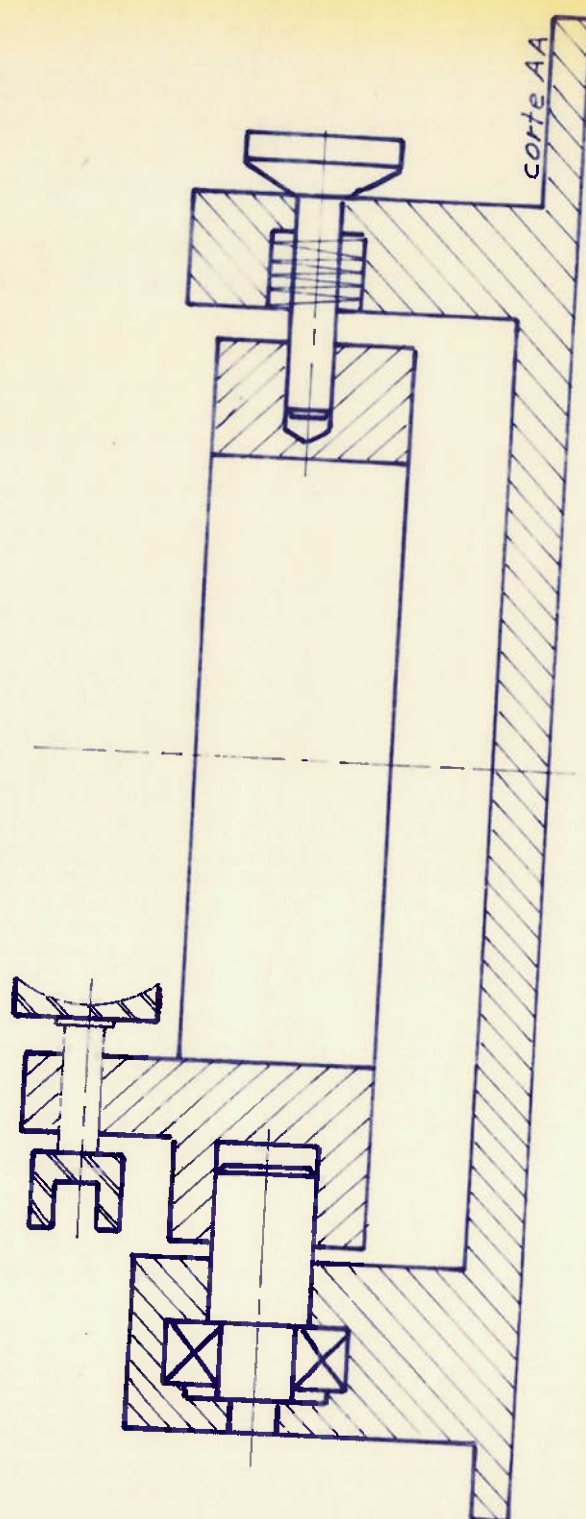
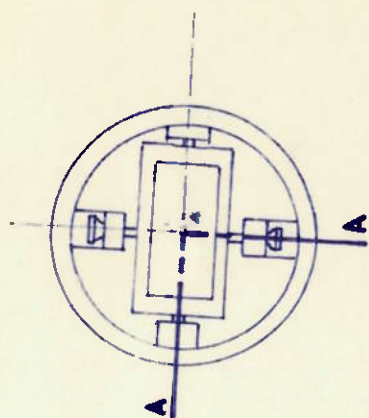
Mário P. Monteiro Jr.

prof:

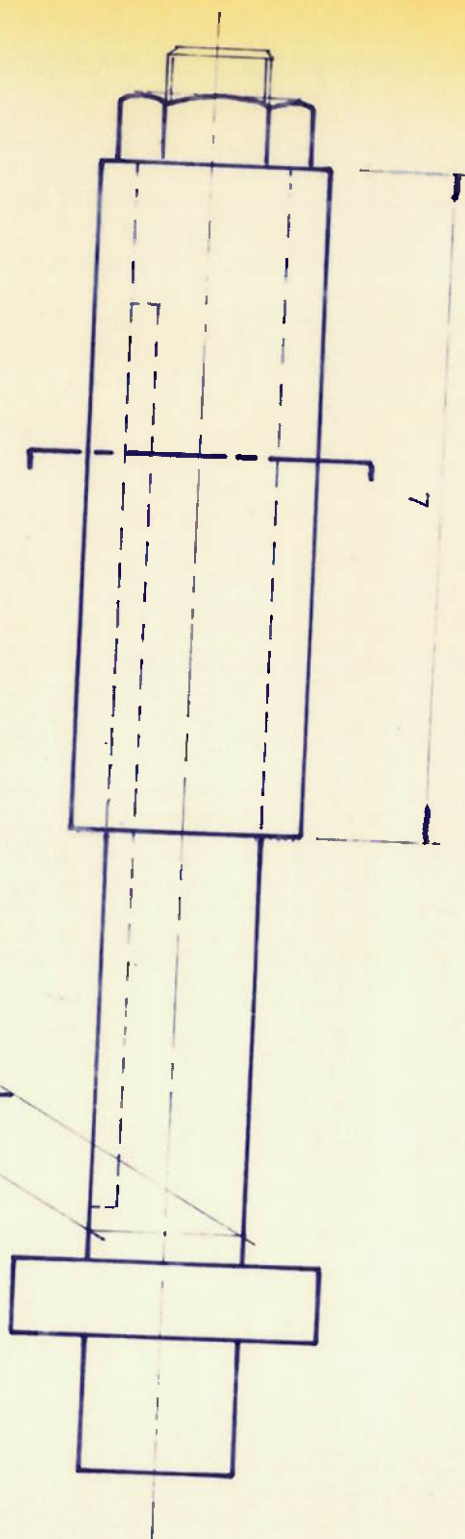
E. Bresciani Sr.

NOV/1983

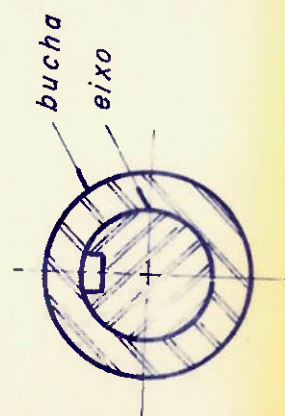
DISPOSITIVO 0201

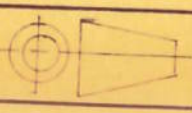


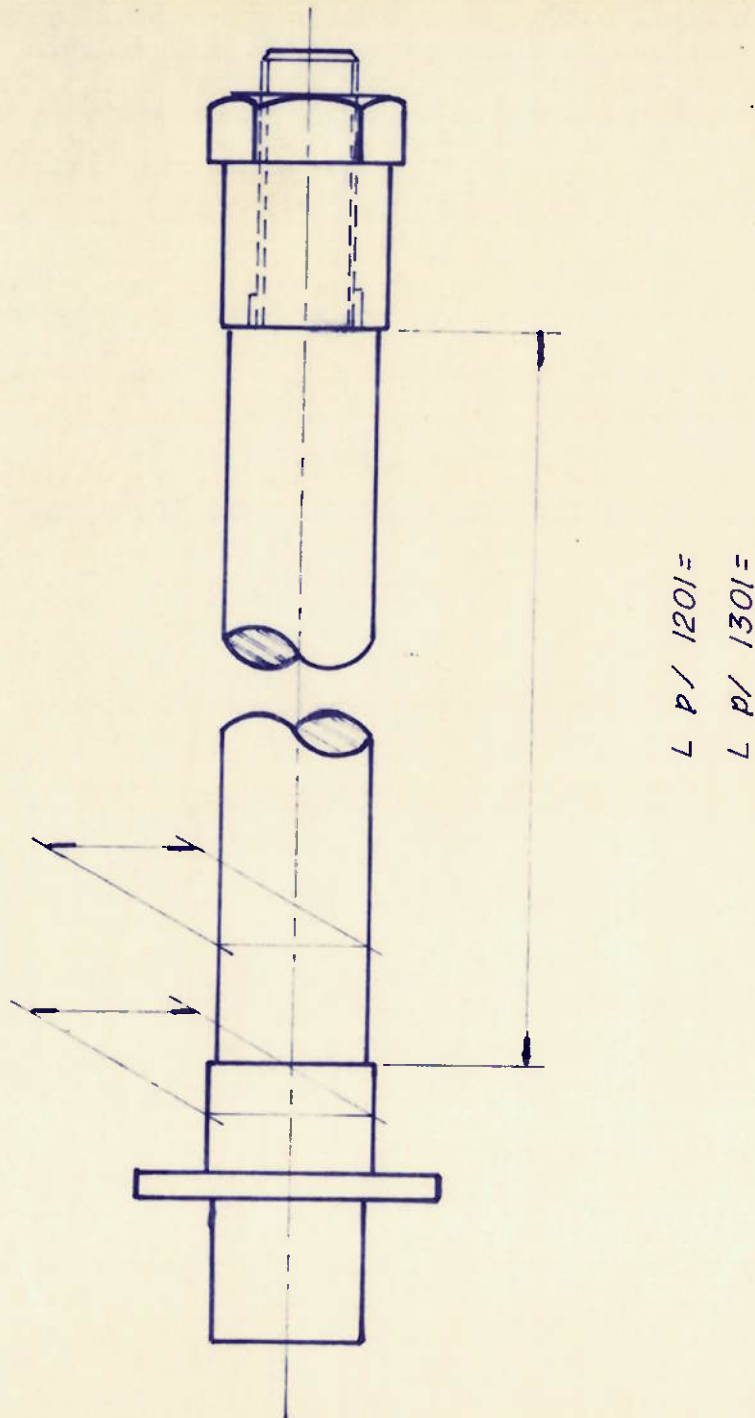
		sem escala	material: ferro fundido
E. P. U. S. P.	PNC - 519	aluno: Nário P. Monteiro Jr.	prof: E. Bresciani P.
NOV/1983	DISPOSITIVO 0202		



L bucha p/ 2 engren. =
 " " 1 " =
 " " 1 " =



NOV/ 1983	medidas cm mm	sem escala	material: aço SAE 1050	
E.P.U.S.P.	PNC - 519	aluno: Mário P. Monteiro Jr.	Prof:	E. Bresciani P.
	DISPOSITIVO 0501			



medidas
em mm

sem escala

material: Aço SAE 1050

E.P.U.S.P.

PNC - 519

aluno:

Mário P. Monteiro Jr.

prof:

E. Bresciani F.

NOV/ 1983

DISPOSITIVOS 1201 e 1301

ANEXO 4: LISTA DE FERRAMENTAS

- F-001: Fresa tipo "placa de ferramentas", diametro 75 mm com 10 dentes de metal duro tipo H1
- F-002: Fresa tipo "placa de ferramentas", diametro 65 mm com 8 dentes de metal duro tipo H1
- F-003: Fresa tipo "placa de ferramentas" semelhante à F-001
- F-004: Fresa de forma para rasgos de chaveta "woodruff" em aço rápido.
- F-005: Fresa tipo caracol para rasgos tipo entalhado em eixos, feita em aço rápido
- F-006: Fresa tipo caracol para dentes de engrenagem, em aço rápido
-
- B-001: Broca diametro 5 mm em aço rápido
- B-002: Alargador em aço rápido diametro 7,95 mm
- B-003: Broca diametro 30 mm em aço rápido
- B-004: Alargador diametro 31,75 mm - aço rápido.
- B-005: Broca diametro 8,2 mm - aço rápido
- B-006: Broca diametro 8,6 mm - " "
- B-007: Broca diametro 14,25mm - " "
- B-008: Broca diametro 6,0mm - " "
- B-009: Alargador diametro 7,936 mm - aço rápido
- B-010: Broca diametro 10,2 mm - aço rápido
- B-011: Broca para pontear eixos - aço rápido
- B-012: Broca diametro 20 mm - aço rápido
- B-013: Broca diametro 24,5 mm - " "
-
- P-001: Porta pastilha tipo barra para torneamento de diametros internos. Pastilha tipo S2
- P-002: Porta pastilha tipo barra para diametros internos e chanfros. Pastilha tipo S2
- P-003: Porta pastilha para faceamento, tipo barra. pastilha S1
- P-004: Porta pastilha tipo Barra para diametros externos. Pastilha tipo S1
- P-005: Porta pastilha tipo barra, Pastilha especial para formação de roscas, tipo F1

- P-006: Porta pastilha tipo barra para diametro interno. Pastilha tipo G1
- P-007: Porta pastilha tipo barra para diametros externos. Pastilha tipo G1
- X-001: Brocha em aço rápido para rasgos de chaveta. Dimensão - final- 6,4 x 28.4 mm
- S-001: Ferramenta para Shaving
- M-001: Macho em aço rápido, diametro nominal 8,2 mm - UNC
- M-002: Macho em aço rápido, diametro nominal 9,6 mm - UNC
- R-001: Bedame para Cut-Off em aço rápido, espessura 4 mm
- R-002: Bedame de forma para rasgo (eixo 3) em aço rápido
- R-003: Bedame de forma para rasgo (eixo 4) em aço rápido
- R-004: Bedame para chanfros (45°) em aço rápido
- R-005: Bedame para chanfros (30°) em aço rápido
- R-006: Bedame para rasgos internos (3,175 mm-espess.) aço rápido
- A-001: Rebolo abrasivo para retifica externa
- A-002: Rebolo abrasivo para retífica interna

BIBLIOGRAFIA:

- 1- Morris Asimow - Introdução ao projeto de Engenharia.
- 2- Maynard - Manual de Engenharia de Produção - Vol 2
- 3- E. Bresciani Fº - Princípios da técnica de análise de valores e de custos, aplicados à seleção de materiais e processos de fabricação mecânica (Notas de Aula - EPUSP)
- 4- A. Garcia Neto - Critérios para escolha de processos de fabricação de peças metálicas (Trabalho de formatura - 1978 - EPUSP)
- 5- V. Chiaverini - Aços e Ferros Fundidos
 - Tecnologia Mecânica Vol 1
 - Tecnologia Mecânica Vol 2
- 6- Mário Rossi - Máquinas Operatrizes Modernas Vol 1
 - Máquinas Operatrizes Modernas Vol 2
- 7- Hélio de Mello Alvim
 - Armando da Costa Moraes - Fabricação Mecânica (UERJ - PUCRJ)
- 8- André L. da Costa e Silva
 - Paulo Roberto Mei - Tecnologia dos Aços (UNICAMP-Eletrometal)
- 9- D. Ferraresi - Usinagem dos Metais
- 10- M. Stipkovik Fº - Usinagem
- 11- Manuais Caterpillar Brasil SA