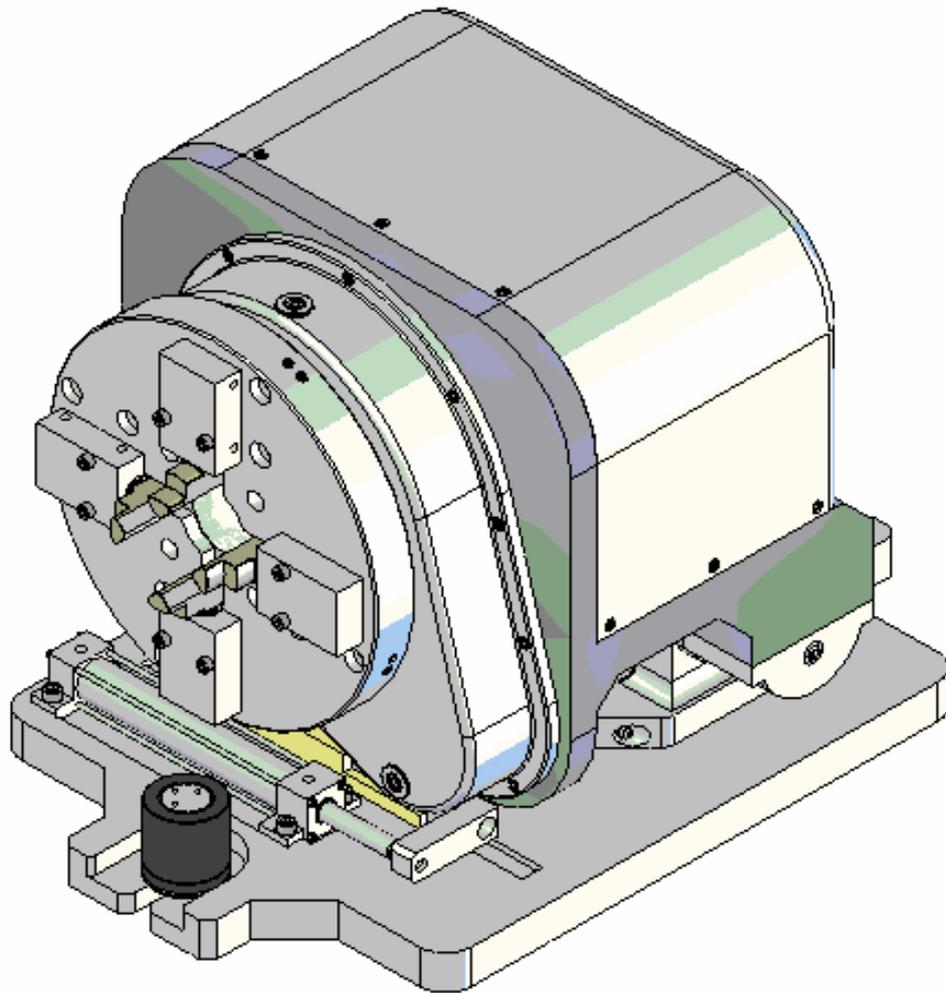




Escola Superior de Tecnologia e de  
Gestão

Instituto Politécnico de Bragança



Projecto de 3º Ano

Cabeçote universal semi-automático

Bragança, 2004/2005

# Índice

Resumo	1
Abstract	2
1. Introdução	3
1.1. Motivação	3
1.2. Situação histórica	4
1.3. Mercado	4
1.4. Descrição e organização do trabalho	6
2. Processos de desenvolvimento	8
2.1. Critérios de selecção	9
3. Concepção e dimensionamento	11
3.1. Formulação e dimensionamento	11
3.1.1. Transmissões hidrostáticas	11
3.1.2. Transmissão do motor	12
3.1.3. Torção do veio	13
3.1.3.1. Veio sem furacão	13
3.1.3.2. Veio com furacão	13
3.1.4. Rolamentos	14
3.1.5. Fadiga	15
3.1.6. Corte e esmagamentos	16
3.1.7. Engrenagens	17
3.1.7.1. Transmissão de potência	17
3.1.7.2. Movimento horizontal	19
3.1.7.3. Movimento vertical	19

3.1.8. Tolerânciamento	20
3.2. Parâmetros de concepção	21
3.3. Peças a adquirir no mercado	22
3.4. Peças a fabricar	24
3.5. Sequência de montagem	25
4. Produto final	27
4.1. Etapas concluídas	28
4.2. Etapas futuras	29
4.2.1. Etapas fundamentais para o funcionamento	29
4.2.2. Etapas de desenvolvimento para outras opções	29
5. Características do cabeçote	31
6. Conclusão	32
7. Capítulo técnico	33
7.1. Parte I – Análise dos componentes, dimensionamento e tabelas	
Organigrama funcional	
Exclusões e decisões do organigrama funcional	
Esquema lógico dos circuitos hidráulicos	
Folhas de cálculos para análise e dimensionamento	
Transmissões hidrostáticas	
Engrenagens	
Transmissão do motor	
Rolamentos	
Torção do veio	
Fadiga do veio	
Corte e esmagamento das chavetas	
Tolerânciamentos	
Cabeçote divisor universal (formulação e tabelas)	

## 7.2. Parte II – Desenhos técnicos dos componentes

Listagem e referências dos componentes do cabeçote

Desenhos de definição (desenhos individuais dos componentes)

Desenhos de definição (desenhos de montagem)

Prato de 2 grampos

Prato de 3 grampos

Prato de 4 grampos

Prato desandador

Cabeçote montado

Cabeçote em perspectiva explodida

8. Bibliografia 34

9. Apêndice – Observações dos construtores dos componentes 36

Retentores

Rolamentos

Equipamentos hidráulicos

Válvulas normais e de solenóide

Motor hidráulico

Cilindros hidráulicos

# Resumo

Este relatório, refere-se aos aspectos e etapas de dimensionamento utilizadas, de um cabeçote semi-automático. São apresentados também todos os desenhos técnicos de construção mecânica, empregues para a construção. Este cabeçote controlado por um sistema electro-hidráulico tem por objectivo substituir os cabeçotes divisores actuais, que são totalmente manuais e de uso complexo.

Relativamente ao mercado existente, este é um produto vocacionado para aplicações em indústrias metalomecânicas, apresenta alta qualidade e proporciona o desenvolvimento de máquinas ferramentas menos desenvolvidas. Este apresenta um fácil acoplamento, simplicidade de funcionamento e elevado rendimento em termos energéticos e de economia de tempo. Para a sua construção, 57 % dos componentes são de características normalizadas e os restantes 43 % terão de ser maquinados, embora todos susceptíveis de aquisição no mercado.

# Abstract

We report the project of a semi-automatic mill head. Technical drawings for the construction of the mill head are also presented. The control system is semi-automatic and managed by an electro-hydraulic system and is intended to replace traditional manual mill heads.

This product aim traditional metal shops to increase the quality of the machinery within the shop. With an easy coupling and simplicity, it represents savings in manufacturing and energy consumption. For the construction of the mill head, 57% of the components are standard and 43% will have manufactured.

# 1. Introdução

Este trabalho visa o dimensionamento de um cabeçote semi-automático de controlo eléctrico-hidráulico. Considere-se que tem um forte interesse na indústria metalomecânica e derivadas, visto que ainda não existem no mercado nenhuns equipamentos semelhantes. Pretende-se com este equipamento modernizar este tipo de indústria, proporcionando mais rapidez, precisão e menor custo de produção.

Este é um equipamento versátil e de multi-funções, podendo proporcionar a substituição dos cabeçotes universais divisores existentes. Vistos estes serem de funcionamento totalmente manual, complexos e muito lentos no fabrico de peças.

## 1.1. Motivação:

Este tipo de equipamento visa substituir os divisores universais, podendo assim em certa parte modernizar máquinas ferramentas de uso convencional, e transformá-las em equipamentos de comando numérico. O cabeçote – CNN – está vocacionado para fresadoras, podendo também ser aplicado em tornos, furadoras, plainas, escateladoras e rectificadoras. Na a sua construção, são empregues 108 componentes distintos, dos quais 57 % são de características normalizadas e os restantes 43 % terão de ser maquinados. A construção deste equipamento pretende-se utilizar o maior número possível de equipamentos normalizados, conduzindo assim a um menor custo (boa optimização).

Por exemplo, actualmente para se maquinar uma engrenagem de “n” dentes, ou efectuar uma divisão de um veio em “x” partes, tem que se seguir obrigatoriamente as seguintes etapas, isto utilizando um cabeçote divisor convencional:

- Determinar o número de divisões pretendidas;
- Efectuar os cálculos das divisões de acordo a razão do equipamento e prato utilizado;
- Proceder à montagem do prato de furos adequado, consoante o resultado dos cálculos;
- Proceder à primeira maquinagem, fresagem;
- Proceder ao desandamento da manivela do cabeçote, em voltas;
- Proceder ao avanço dos respectivos furos do prato montado no cabeçote;
- Travar o cabeçote na posição pretendida;
- Proceder à seguinte maquinagem;

- Assim sucessivamente até estarem maquinados os “n” dentes ou “x” divisões.

Estes passos tornam-se muito trabalhosos, lentos e dispendiosos, no que toca à relação entre o tempo de operação e produto final. Utilizando o cabeçote semi-automático para realizar a mesma tarefa, os passos seriam os seguintes:

- Determinar o número de divisões pretendidas;
- Programar o cabeçote;
- Proceder à primeira maquinagem, fresagem;
- Carregar no enter do teclado da consola de controlo do cabeçote;
- Maquinar novamente;
- E assim sucessivamente até estarem maquinados os “n” dentes ou “x” divisões.

Assim sendo o cabeçote semi-automático, tem boas características para proceder ao desenvolvimento desta área, conduzindo assim a uma grande motivação para proceder à sua construção, e implanta-lo nas indústrias em causa.

## **1.2. Situação histórica:**

Actualmente os cabeçotes divisores existentes ainda são os mesmos utilizados à 30 ou 40 anos atrás, e os que se adquirem recentemente, mesmo sendo produzidos com as técnicas actuais, em termos de aspecto, funcionalidade e desenvolvimento são idênticos. Ou seja, utilizar um cabeçote recente, apenas tem por objectivo obtenção de melhor precisão de fabrico, visto serem ainda novos, mas em termos de desenvolvimento e de aspecto, quem vê um cabeçote da época dos anos 50, vê os actuais. O seu desenvolvimento estagnou no tempo, não oferecendo resposta às novas tecnologias e técnicas de fabrico. No Capítulo 7/7.1, pode-se consultar toda a formulação deste tipo de cabeçotes, bem como tabelas de divisão diferencial aplicáveis a este tipo de equipamentos.

## **1.3. Mercado:**

Actualmente as oficinas metalomecânicas recentes, já estão totalmente equipadas com a última geração de máquinas ferramentas CNC. Mas este tipo de instalações requiere, assim como as oficinas menos desenvolvidas, a aplicação de máquinas

ferramentas normais, isto por motivos de construção de certo tipo de peças, e de operações de maquinagem. Logo este cabeçote semi-automático destina-se a todas as oficinas, e para qualquer tipo de máquina ferramenta em causa, logo que esta justifique este tipo de empreendimento. Na figura 1, apresenta-se um operário a maquinar numa fresadora, utilizando um cabeçote divisor universal corrente. Este pretende fazer uma furação de “x” furos radiais, numa determinada peça. Na figura 2, apresenta-se um cabeçote semelhante, propriedade de um dos laboratórios desta instituição de ensino.



**Fig.1:** Fresadora a maquinar, utilizando um cabeçote divisor universal corrente.



**Fig.2:** Cabeçote divisor universal.

## 1.4. Descrição e organização do trabalho:

Este cabeçote relativamente aos normais apresenta diversas vantagens, apesar de inicialmente apresentar um custo mais elevado, sendo este na ordem dos 700 € (perspectiva). Actualmente no mercado o preço de um cabeçote divisor universal ronda os 2900 € e o de um prato divisor aproxima-se dos 2700 €. Apesar do cabeçote semi-automático apresentar um custo mais elevado, apresenta-se vantajoso, visto que a discrepância de preços é baixa, e no entanto, o semi-automático faz as funções de ambos os outros dois. Possibilitando tarefas de fabrico com maior precisão, rapidez, menor custo e com maior facilidade de utilização.

Este trabalho baseou-se no dimensionamento do cabeçote semi-automático referido, o qual requiere decisões de como processar o desenvolvimento, cálculos para o dimensionamento e nestes englobados estudos de fadiga, dimensionamento de rolamentos, transmissões hidrostáticas, dimensionamento de engrenagens, transmissões, análises de torção dos veios, corte, esmagamentos das chavetas e tolerânciamientos, e o estudo do esquema lógico dos circuitos hidráulicos (capítulo 7/7.1), a representação de todos os componentes do cabeçote em forma de desenhos técnicos de construção mecânica (capítulo 7/7.2), e respeitar as sugestões de montagem dos diferentes tipos de construtores dos componentes (capítulo 9). Este relatório transcreve ainda todos os passos de dimensionamento, tolerânciamientos, paralelismos de montagem, dimensões e outras anotações dos fabricantes dos componentes (capítulo 9). Segundo a localização, nos capítulos 7 e 9 apresentam-se os seguintes parâmetros:

### **Parte I** – Análise dos componentes, dimensionamento e tabelas:

- Organigrama funcional;
- Exclusões e decisões do organigrama funcional;
- Esquema lógico dos circuitos hidráulicos;
- Folhas de cálculos para análise e dimensionamento:
  - Transmissões hidrostáticas;
  - Engrenagens;
  - Transmissão do motor;
  - Rolamentos;
  - Torção do veio;

- Fadiga do veio;
- Corte e esmagamento das chavetas;
- Tolerânciamientos;
- Cabeçote divisor universal (formulação e tabelas).

**Parte II** – Desenhos técnicos dos componentes:

- Listagem e referências dos componentes do cabeçote;
- Desenhos de definição (desenhos individuais dos componentes);
- Desenhos de definição (desenhos de montagem);
  - Prato de 2 grampos;
  - Prato de 3 grampos;
  - Prato de 4 grampos;
  - Prato desandador;
  - Cabeçote montado;
  - Cabeçote em perspectiva explodida.

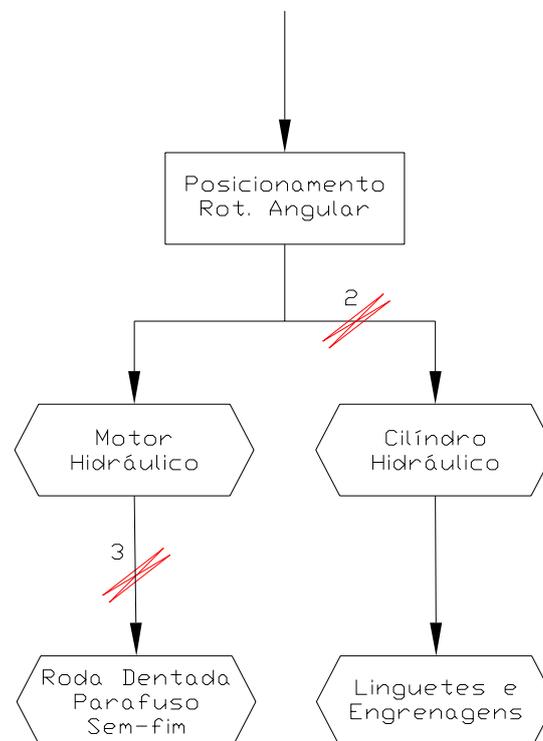
**Apêndice** – Observações dos construtores dos componentes:

- Aqui refere-se todas as sugestões dos fabricantes para montagem dos componentes, bem como o tolerânciamiento, paralelismos de montagem, dimensões e outras anotações:

- Retentores;
- Rolamentos;
- Equipamentos hidráulicos:
  - Válvulas normais e de solenóide;
  - Motor hidráulico;
  - Cilindros hidráulicos.

## 2. Processo de desenvolvimento

Para efectuar este trabalho, foi necessário realizar o estudo de um grande número de componentes, e para tal, surgiram vários tipos de soluções para resolver cada tipo de aplicação. Logo em termos de organização e facilidade de trabalho, foi necessário e decidiu-se construir uma árvore de decisões à qual se chamou organigrama funcional. Neste constam todas as opções de construção para determinadas aplicações, procedendo-se de seguida uma análise pormenorizada de cada uma, e daí seleccionar a mais viável, segundo os critérios construtivos. Este organigrama funcional está capítulo 7/7.1, no qual onde também se encontram detalhadas todas as exclusões efectuadas, assim como as justificações de tais exclusões. Este organigrama para além de mencionar as exclusões, também transcreve todas as opções que o comprador tem de fazer, de acordo com o tipo de aplicação a que destina o cabeçote semi-automático. A título de exemplo, apresenta-se um excerto do organigrama funcional, juntamente com a numeração da exclusão e respectivo motivo:



**Fig. 3:** Excerto do organigrama funcional.

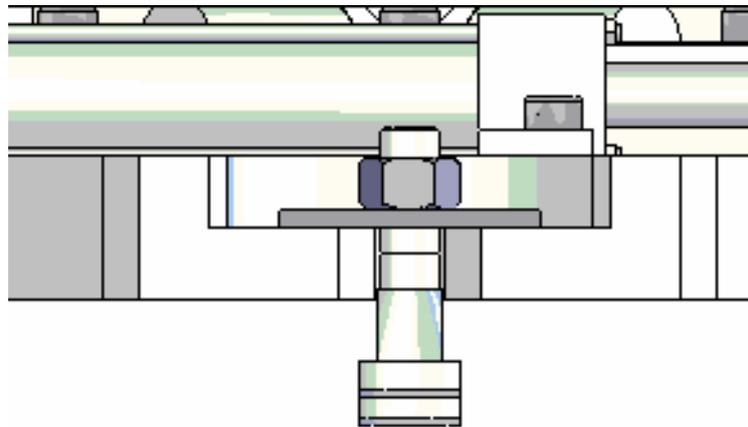
### Motivos das exclusões:

- 2) Elevado nº de órgãos e componentes, grande desgaste, maior custo, mais manutenção, maior massa, irreversível, pouca precisão, propício a avarias, velocidades de resposta lentas e intermitentes.
- 3) Dificuldades de construção devido à irreversibilidade, construção cara, desgaste razoável, provoca atravancamento, necessidade de sistema de desengrenamento, necessidade de lubrificação e requiere alguma manutenção.

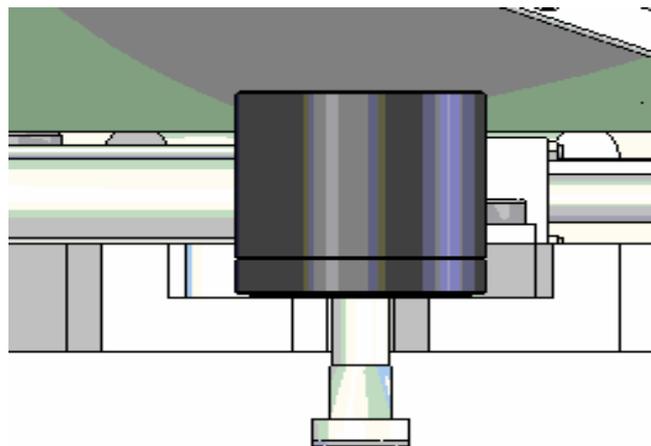
## 2.1. Critérios de selecção:

- Preço;
- Fiabilidade;
- Características dimensionais;
- Menor número de componentes;
- Menor probabilidade de avarias;
- Menos manutenção;
- Menor desgaste;
- Características técnicas;
- Tipo de acoplamento;
- Rentabilidade;
- etc. ...

A título de exemplo, apresenta-se uma das decisões a que se sujeita o comprador, sendo esta a de determinar se pretende fixação hidráulica ao barramento, ou se a vulgar satisfaz todas as suas condições, utilizando esta, parafusos em T invertido. Este tipo de decisão ilustra-se nas figuras 4 e 5.



**Fig.4:** Fixação ao barramento por parafuso em T invertido.



**Fig.5:** Fixação ao barramento por cilindro hidráulico de fixação.

Mas para além desta opção existem outras, estas assim como também as exclusões efectuadas para o dimensionamento do cabeçote semi-automático, podem ser consultadas no capítulo 7/7.1.

## 3. Concepção e dimensionamento

Quando se pretende dimensionar uma máquina ou um componente desta, a análise e o dimensionamento envolve um grande número de cálculos, que por vezes envolvem processos iterativos. Daí o processamento dos cálculos através de folhas de cálculo, construídas para esse efeito, facilitando assim o trabalho de dimensionamento.

Neste caso, procedeu-se à construção de folhas de cálculo, o que facilitou bastante a tarefa de dimensionamento, mas mesmo com estas foi, necessário efectuar cálculos analiticamente. De seguida será apresentada toda a formulação envolvente na construção das folhas de cálculo (apresentadas no capítulo 7/7.1), formulação e cálculos analíticos, deduções, imposições e alguns critérios de selecção. Mais adiante falar-se-á das peças a adquirir no mercado, das peças a construir e da sequência prevista para a montagem dos componentes do cabeçote semi-automático. Os desenhos técnicos de construção mecânica dos componentes do cabeçote, assim como toda a listagem destes, encontram-se apresentados no capítulo 7/7.2.

Inicialmente todo este trabalho começou por uma simples ideia de construção, passando de seguida a um estudo mais aprofundado, estudo do que se pretendia fazer e das exigências do mercado e características requeridas, construção do organigrama, optar pelas opções mais viáveis, começar a desenhar e a proceder à montagem dos componentes um a um, e assim sucessivamente.

### 3.1. Formulação e dimensionamento:

Visto serem processos iterativos, estes cálculos encontram-se actualizados nas folhas de cálculo do capítulo 7/7.1, seguidamente apenas se apresenta a primeira iteração de desenvolvimento, onde se atribuíram alguns valores como sendo constantes, posteriormente sofreram as devidas correcções e alterações nas folhas de cálculo.

#### 3.1.1. Transmissões Hidrostáticas:

Procedeu-se à construção da folha de cálculo “Transmissões hidrostáticas”, a qual teve por objectivo determinar o comportamento e as características do motor

hidráulico, a quando de abaixamentos de pressão, caudal, ou outros parâmetros intervinientes, relativamente aos dados iniciais, calcular as velocidades dos cilindros hidráulicos no avanço e no retrocesso bem como também as suas capacidades de carga e energia. A construção desta seguiu a seguinte formulação [4,6,10]:

$$F_{avanço} = A_{cilindro} \times p$$

$$F_{retrocesso} = (A_{cilindro} - A_{haste}) \times p$$

$$E_{entrada} = F_{avanço} \times S_1$$

$$E_{saida} = F_{retrocesso} \times S_2$$

$$V_{avanço} = \frac{Q}{A_{cilindro}}$$

$$V_{retrocesso} = \frac{Q}{(A_{cilindro} - A_{haste})}$$

### 3.1.2. Transmissão do motor:

Este, após pesquisa em cabeçotes de tornos, teve que apresentar minimamente 5,71 [kW] de potência e uma rotação superior a 4284 [rpm], daí a escolha do motor A2FM size5, que por sinal é o mais pequeno desta gama de motores, e que satisfaz bastante bem as características previstas, debitando este uma potência de 26 [kW] e uma rotação de 10000 [rpm], o que é bastante satisfatório. Daqui procedeu-se à construção da folha de cálculo “Transmissão do motor”, seguindo a seguinte formulação [3,4,11]:

$$n_2 = \frac{n_1 \times z_1}{z_2}$$

$$W_1 = \frac{\pi \times n_1}{30}$$

$$r_1 \times P_1 = r_2 \times P_2$$

$$r_1 \times W_1 = r_2 \times W_2$$

$$P = M_2 \times W_2$$

Assumindo 2% de perdas por atrito e uma razão de transmissão de 1/1,5, determinou-se que o veio principal do cabeçote iria estar sujeito a:

$$n_2 = 6533,4[rpm]$$

$$P_2 = 16,98[kW]$$

$$W_2 = 684,17[rad / s]$$

$$M_2 = 24,32[Nm]$$

### 3.1.3. Torção do veio:

Neste ponto sabendo que o veio teria que permitir passar minimamente no seu interior um varão de aço de 80 [mm], e ainda seria perfurado para passagem do óleo hidráulico, dos cilindros hidráulicos dos pratos de fixação. Fez-se uma análise de torção, a qual se fez contabilizando, e não, a furação para o óleo hidráulico, daqui procedeu-se à construção da folha de cálculo “Torção do veio”, seguindo a seguinte formulação [4,7]:

#### 3.1.3.1. Veio sem furação:

$$\tau = \frac{M \times r_e}{j} = 5,1M \sum_{i=1}^n \left( \frac{D_i}{D_i^4 - d_i^4} \times k \right)$$

$$Ip = j = \frac{\pi}{2} (r_e^4 - r_i^4) = \frac{\pi}{32} (D_e^4 - d_i^4)$$

$$\varphi = \frac{180^\circ}{\pi} \times \frac{M}{G} \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{Ip_i}$$

#### 3.1.3.2. Veio com furação:

$$\tau = 5,1M \sum_{i=1}^n \left( \frac{D_i}{D_i^4 - (d_i^4 + d_f^4)} \times k \right)$$

$$Ip = j = \frac{\pi}{32} (D_e^4 - (d_i^4 + d_f^4))$$

$$\varphi = \frac{180^\circ}{\pi} \times \frac{M}{G} \sum_{i=1}^n \frac{l_i}{Ip_i}$$

Das quais se constatou que contabilizando, ou não, os furos, não havia qualquer divergência.

### 3.1.4. Rolamentos:

Segundo pesquisa dos rolamentos existentes no mercado, optou-se por um diâmetro de veio de 120 [mm], pois era para este diâmetro de veio que os rolamentos apresentavam menor diâmetro exterior, o que diminuiria as dimensões da caixa do rolamento, e assim o corpo do cabeçote. Considerou-se que o veio do cabeçote estaria sujeito a um esforço semelhante, ao esforço axial e radial dos tornos convencionais, isto é: esforço axial de 8000 [N], e esforço radial de 4800 [N]. Daqui procedeu-se à construção da folha de cálculo “Rolamentos”, seguindo a seguinte formulação [3]:

$$P = X \times F_{radial} + Y \times F_{axial}$$

$$C = \frac{P \times f_l}{f_n}$$

$$L_{10} = L = \left( \frac{C}{P} \right)^p = a_1 \times a_2 \times a_3 \times L_n = a_1 \times a_{23} \times L_n$$

Considerando:

- Tempo normal de operação (de 2 anos, 24 dias por mês, 8 horas diárias);
- Força axial das engrenagens de 14,26 [N];
- Funcionamento a uma velocidade média de 3800 [rpm];
- Probabilidade de falha de 1;
- Factor de condições de serviço de 4,5Cst;
- Temperatura de serviço média de 50 [°C];
- Viscosidade do óleo lubrificante de 80Cst a 40 [°C].

Determinou-se que a capacidade de carga dinâmica do rolamento é de 126,88 [kN], e tem uma duração média de aproximadamente 20736 [horas].

### 3.1.5. Fadiga:

Pode-se definir a fadiga de um metal como sendo um “fenómeno de enfraquecimento progressivo de um metal quando este está submetido a cargas dinâmicas ou repetidas” [8], onde se iniciam fendas nas zonas em que a tensão é máxima e nos possíveis defeitos internos do material.

Visto que o veio principal e as engrenagens de transmissão de potência do cabeçote, estão sujeitas a rotações ora baixas ora elevadas, a paragens e a arranques súbitos, poderiam então estes componentes sofrer rotura por fadiga. Assim resultou satisfatório e de relativa importância fazer uma análise de fadiga a estes componentes, procedeu-se então à construção da folha de cálculo “Fadiga”, a partir da seguinte formulação [8]:

$$\log c' = \log \left[ 0,9 \times \sigma_r \times \left( \frac{1,8}{0,1818} \right)^{\frac{3}{4}} \right]$$

$$c = \frac{1}{4} \log \frac{1,8}{k_r}$$

$$\log(\sigma_f) = \log c' - c \times \log N_r \Leftrightarrow \sigma_f = 10^{(\log c' - c \times \log N_r)}$$

Critério de Soderberg:

$$\sigma_{a \text{ adm}} = \sigma_f \left[ 1 - \frac{\sigma_a}{\sigma_{ced}} \right]$$

$$\sigma_{a \text{ adm}} \geq \sigma_{f \text{ torção}}$$

$$\sigma_{a \text{ adm}} \geq \frac{5,1 \times M_t \times \phi_e}{\phi_e^4 - \phi_i^4}$$

Considerando:

- Acabamentos maquinados;
- Tensão de cedência e de rotura do material de 350 [MPa];

- Coeficiente de acabamento superficial “ $k_s$ ” de 0,9;
- Coeficiente de tamanho “ $k_t$ ” de 0,75;
- Coeficiente de fiabilidade “ $k_f$ ” de 0,868;
- Coeficiente de temperatura “ $k_T$ ” de 1;
- Factor dinâmico de concentração de tensões “ $K_f$ ” de 0,85;
- Coeficiente de segurança dinâmico “ $n$ ” de 2.

Determinou-se então que os momentos flectores máximos, a aplicar nestes componentes de modo a que estes não sofram rotura por fadiga, seria para o veio de 20,3 [kN.m], para a engrenagem mandante (engrenagem do motor) de 19,0 [kN.m] e para a engrenagem mandada (engrenagem do veio) de 26,5 [kN.m]. Vistos os momentos aplicados a estes componentes, serem aproximadamente 0.11 % inferiores aos valores de cedência. Pode-se então afirmar que todos estes componentes, nunca irão sofrer rotura por fadiga.

### 3.1.6. Corte e esmagamento:

Esta análise teve por objectivo saber as tensões de corte e de esmagamento a que estariam sujeitas as chavetas dos veios do cabeçote, para que estas possam ser dimensionadas de forma a sofrerem corte com facilidade (chaveta da engrenagem do veio), ou que suportem condições severas, sem que atinjam a rotura por corte. Visto isto procedeu-se à construção da folha de cálculo “Corte e esmagamento”, seguindo a seguinte formulação [7]:

$$\tau_{corte} = \frac{F}{A}$$

$$\sigma_{esmagamento} = \frac{p}{A} = \frac{F}{t \times d}$$

Com base nas expressões anteriores, conclui-se que as tensões de corte e de esmagamento dos vários tipos de chavetas apresentavam os seguintes valores:

- Chavetas do veio do motor:
  - Tensão de corte de 82,33 [MPa];
  - Tensão de esmagamento de 633,00 [MPa];
  
- Chavetas do veio principal:
  - Tensão de corte de 2,25 [MPa];
  - Tensão de esmagamento de 3,00 [MPa];
  
- Chavetas da engrenagem do veio:
  - Tensão de corte de 7,96 [MPa];
  - Tensão de esmagamento de 27,65 [MPa].

### 3.1.7. Engrenagens:

Este estudo teve de ser bastante minucioso, visto que a precisão do cabeçote está directamente relacionada com as engrenagens, com o seu tolerânciamento e com as possíveis folgas a desenvolverem com o funcionamento sucessivo. O cabeçote requer três tipos de engrenamentos:

- Engrenagens de dentado helicoidal para a transmissão de potencia;
- Engrenagens de dentado recto e cremalheira para o movimento horizontal;
- E engrenagens de dentado recto e cremalheira para o movimento vertical.

Estas análises tiveram como base a folha de cálculo “Engrenagens”, e um programa desenvolvido em programação Basic. Ambas as ferramentas de cálculo mencionadas anteriormente, tiveram como base a formulação que se apresenta de seguida [2,3,11].

#### 3.1.7.1. Transmissão de potência:

As engrenagens desenvolvidas para esta função são de dentado helicoidal, visto serem menos ruidosas, possibilitarem maiores carregamentos, terem menos desgaste,

menos propicias a desenvolvimento de folgas e proporcionarem boa precisão. A formulação utilizada para o dimensionamento destas engrenagens é a seguinte:

$$a = \frac{Z_1 + Z_2}{2} \times mt_0$$

$$mt_0 = \frac{m_0}{\cos\beta_0}$$

$$R_i = \frac{Z_i \times mt_0}{2}$$

$$Ra_i = R_i + mt_0$$

$$p_n = m_0 \times \pi$$

$$p_t = \frac{m_0 \times \pi}{\cos\beta_0}$$

$$\cos\alpha_t = \frac{\operatorname{tg}\beta_b}{\operatorname{tg}\beta_0}$$

$$\operatorname{tg}\alpha_t = \frac{\operatorname{tg}\alpha_0}{\cos\beta_0}$$

$$Wnk' = \frac{2R_i \operatorname{Sen}\alpha_t}{\cos\beta_b}$$

$$k = \frac{Wnk'}{\pi \times m_0 \times \cos\alpha_0} - \frac{Z_i \times \operatorname{inv}\alpha_0}{\pi} + 0,5$$

$$\operatorname{inv}\alpha_0 = \operatorname{tg}\alpha_0 - \frac{\pi \times \alpha_0}{180}$$

$$Wnk = m_0 \times \cos\alpha_0 [(k - 1/2)\pi + Z_i \times \operatorname{inv}\alpha_0]$$

Com isto determinaram-se as características das engrenagens do motor e do veio principal. As características e os parâmetros necessários para a construção destas engrenagens em que o entre eixo toma o valor de  $a = 217,50[\text{mm}]$ , são os seguintes:

#### Motor:

-  $m = 3,75 [\text{mm}]$ ;

-  $Z_1 = 33 [\text{dentes}]$ ;

-  $\alpha = 20^\circ$ ;

-  $\beta = 20^\circ$ ;

-  $b = 30 [\text{mm}]$ .

#### Veio:

-  $m = 3,75 [\text{mm}]$ ;

-  $Z_2 = 76 [\text{dentes}]$ ;

-  $\alpha = 20^\circ$ ;

-  $\beta = 20^\circ$ ;

-  $b = 30 [\text{mm}]$ .

### 3.1.7.2. Movimento horizontal:

As engrenagens desenvolvidas para esta função são de dentado recto, pois para este tipo de aplicação e por questões construtivas, não era necessário a aplicação de outro tipo de dentado. Decidiu-se então aplicar um módulo de 4 [mm], um passo de 12,57 [mm] e uma altura de dente de 8,6 [mm]. A formulação utilizada para o dimensionamento destas engrenagens é a seguinte:

$$H = h + h'$$

$$p = \pi \times m$$

$$b = (6 \text{ a } 10)m$$

$$d_p = d_i + (2,3m)$$

$$d_p = m \times Z$$

$$Z = \frac{d_p}{m}$$

$$d_e = d_p + 2 \times h'$$

Com isto determinaram-se as características das engrenagens do movimento horizontal. As características e os parâmetros necessários para a construção destas engrenagens são as seguintes:

$$- m = 4 \text{ [mm];}$$

$$- p = 12,57 \text{ [mm];}$$

$$- H = 8,6 \text{ [mm];}$$

$$- d_i = 230 \text{ [mm];}$$

$$- d_e = 247,2 \text{ [mm];}$$

$$- Z = 59,8 \text{ [dentes];}$$

$$- d_p = 239,2 \text{ [mm].}$$

### 3.1.7.3. Movimento vertical:

Em semelhança com as engrenagens do movimento horizontal, as engrenagens desenvolvidas para o movimento vertical também são de dentado recto, pois para este tipo de aplicação e por questões construtivas, também era desnecessário a aplicação de outro tipo de dentado. Decidiu-se então aplicar também neste caso, um módulo de 4

[mm], um passo de 12,57 [mm] e uma altura de dente de 8,6 [mm]. A formulação utilizada para o dimensionamento destas engrenagens é a seguinte:

$$H = h + h'$$

$$p = \pi \times m$$

$$b = (6 \text{ a } 10)m$$

$$d_p = d_i + (2,3m)$$

$$d_p = m \times Z$$

$$Z = \frac{d_p}{m}$$

$$d_e = d_p + 2 \times h'$$

Com isto determinaram-se as características das engrenagens do movimento vertical. As características e os parâmetros necessários para a construção destas engrenagens são as seguintes:

$$- m = 4 [\text{mm}];$$

$$- p = 12,57 [\text{mm}];$$

$$- H = 8,6 [\text{mm}];$$

$$- d_i = 71,05 [\text{mm}];$$

$$- d_e = 88,25 [\text{mm}];$$

$$- d_p = 80,25 [\text{mm}];$$

$$- Z = 20,063 [\text{dentes}].$$

### 3.1.8. Tolerânciamento:

Este estudo teve por objectivo ajustar os vários tipos de componentes para que estes se acoplassem com folga ou aperto, consoante as aplicações em causa, normas de montagem e consoante as sugestões dos fabricantes. Para tal procedeu-se à construção da folha de cálculo “Tolerânciamentos”, seguindo a seguinte formulação [1,5,9]:

#### Furo:

$$ES = EI + IT$$

$$EI = ES - IT$$

$$C_{\max} f = CN + ES$$

#### Veio:

$$es = ei + IT$$

$$ei = es - IT$$

$$C_{\max} v = CN + es$$

$$C_{\min} f = CN + EI$$

$$C_{\min} v = CN + ei$$

$$C_{\max} f = C_{\min} f + ITf$$

$$C_{\max} v = C_{\min} v + ITv$$

$$C_{\min} f = C_{\max} f - ITf$$

$$C_{\min} v = C_{\max} v - ITv$$

$$Tol = C_{\max} f - C_{\min} f = ES - EI$$

$$Tol = C_{\max} v - C_{\min} v = es - ei$$

### Ajustamentos:

$$F_{\max} = C_{\max} f - C_{\min} v = ES - ei$$

$$F_{\min} = C_{\min} f - C_{\max} v = EI - es$$

$$T_{ajustamento} = F_{\max} - F_{\min} = ITf + ITv$$

$$A_{\max} = C_{\max} v - C_{\min} f = es - EI$$

$$A_{\min} = C_{\min} v - C_{\max} f = ei - ES$$

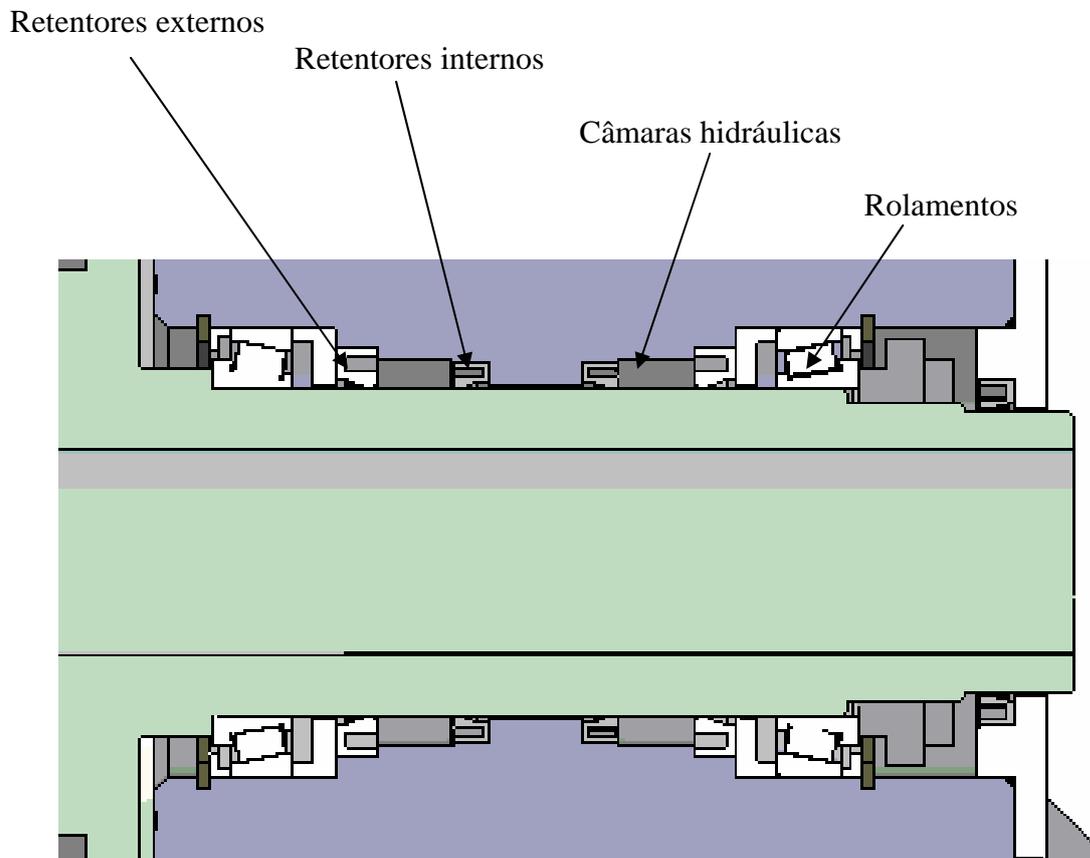
$$T_{ajustamento} = A_{\max} - A_{\min} = ITf + ITv$$

## 3.2. Parâmetros de concepção:

Para além da análise de torção, fadiga, corte, esmagamento, dimensionamento, que se fizeram aos componentes estes ainda estiveram sujeitos a alguns cálculos extra, sendo estes não directamente relacionados com a sua resistência e condições de serviço, mas sim relacionados com o seu acoplamento e dimensões. Por exemplo, para determinar qual o cilindro hidráulico a aplicar nos movimentos horizontais e verticais, teve-se que arbitrar um valor estimado para o peso total do cabeçote, e proceder a um estudo de momentos, de onde se determinou qual a carga a que iriam estar sujeitas as hastes dos cilindros, bem como o diâmetro destas e o curso.

Por outro lado dimensionou-se os rolamentos e os retentores das câmaras hidráulicas para que o mesmo diâmetro de veio, a caixa do retentor externo fosse menor que a caixa do rolamento, e que a caixa do retentor interno da câmara, fosse menor que a caixa do retentor externo, consoante demonstra a figura 6. Isto para que se evitassem

problemas de montagem e dificuldades em conservar o estado dos retentores durante e posteriormente à montagem.



**Fig. 6:** Caixas, montagem e características da câmara hidráulica do cabeçote, em corte.

Para além disso houve uma série de aspectos que passaram pelo mesmo critério de análise, durante o dimensionamento e montagem, isto, até que se apresenta o dimensionamento final dos componentes para a montagem do cabeçote, estes são apresentados no capítulo 7/7.2.

### 3.3. Peças a adquirir no mercado:

No capítulo 7/7.2 está apresentada toda a listagem, referências dos componentes e todos os seus desenhos técnicos de construção mecânica. Destes, a maior parte são normalizados, e assim, existentes no mercado.

Seguidamente na tabela 1, refere-se as referências e a designação dos componentes a adquirir no mercado consoante a numeração da listagem referida.

**Tabela 1:** Peças a adquirir no mercado.

Referência	Designação
001	Anel O´ring 70x3mm
002	Anel O´ring 98x3mm
003	Anel O´ring 159x3mm
004	Anel O´ring 164.69x3.53mm
005	Anel O´ring 179x3mm
006	Anel O´ring 193x3mm
007	Anel O´ring 199x3mm
008	Anel elástico do corpo, DIN472 – 165x4 – St
009	Anel elástico do corpo, DIN472 – 165x4 – St
013	Anilha vedante da válvula de retenção sequencial
014	Anilha do veio do motor, NP – ISO7090 – 10 – 140Hv
022	Barramento da fresadora
023	Block cilindro do prato de fixação
030	Chaveta de disco do motor, NP – ISO3912 – 4x6.5
031	Chaveta plana da roda dentada
032	Chaveta plana do prato, A ISSO/R 773 – 8x7x45
033	Cilindro hidráulico de fixação ao barramento
034	Cilindro hidráulico do movimento horizontal
035	Cilindro hidráulico do movimento vertical
037	Corpo da válvula de retenção sequencial
044	Grace de lubrificação
052	Motor hidráulico
053	Parafuso H – NP1900 ISO4017 – M14x70 – 8.8
054	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M3x8 – 8.8
055	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M5x30 – 8.8
056	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M5x50 – 8.8
057	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M5x55 – 8.8
058	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M5x60 – 8.8
059	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M6x20 – 8.8
060	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M6x25 – 8.8
061	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M6x35 – 8.8
061	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M6x65 – 8.8
063	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M8x25 – 8.8
064	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M8x70 – 8.8
065	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M10x12 – 8.8
066	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M10x30 – 8.8
067	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M12x35 – 8.8
068	Parafuso CHC – NP ISO4762 – M12x80 – 8.8
069	Parafuso FHC – NP ISO4762 – M5x16+k – 8.8
070	Parafuso FHC – NP ISO4762 – M8x25+k – 8.8
071	Parafuso FHC – NP ISO4762 – M16x35+k – 8.8
073	Perno da válvula 4/2, NF E 25 – 135 – M6x130, 12 – 8.8

075	Porca do parafuso em T inv., H ISO4032 – M16x1.75 – 8
078	Porca H ISO4032 – M5x0.8 – 8
079	Porca H ISO4032 – M6x1 – 8
080	Porca do veio do motor hidr., H ISO4036 – M10x1.5 – 8
086	Retentor da câmara hidráulica 140mm
087	Retentor da câmara hidráulica 150mm
088	Retentor da tampa posterior do corpo 128mm
089	Retentor das engrenagens
092	Rolamento do veio
096	Tampão HC ISO4027 – M10x11
097	Tampão HC ISO4027 – M10x20
099	Válvula comutadora 3/2
100	Válvula comutadora 4/2
101	Válvula de retenção geminada
102	Válvula de retenção sequencial
103	Válvula direccional 4/3
105	Válvula redutora de pressão
106	Válvula reguladora de fluxo
107	Válvula de tomada de pressão rápida

### 3.4. Peças a fabricar:

Como já foi referido, no capítulo 7/7.2 está apresentada toda a listagem, referência dos componentes e os desenhos técnicos. Destes, alguns são não normalizados logo terá que se proceder à sua maquinação.

Seguidamente na tabela 2, refere-se as referências e as designações dos componentes a construir consoante a numeração da listagem referida.

**Tabela 2:** Peças a fabricar.

Referência	Designação
010	Anilha de apoio e desgaste do movimento horizontal
011	Anilha de fixação do apoio à mesa
012	Anilha do parafuso em T, NP – ISO7094 – 16 – 100Hv
015	Apoio da válvula 3/2
016	Apoio da válvula 4/3
017	Apoio da válvula de retenção geminada
018	Apoio vertical
019	Apoios e eixo vertical
020	Barra de transmissão do movimento horizontal
021	Barra de transmissão do movimento vertical
024	Bloco de medição
025	Casquilho do eixo horizontal
026	Casquilho do eixo vertical

027	Casquilho de fixação do rolamento
028	Casquilho de fixação do retentor
029	Casquilho de fixação da engrenagem do veio
036	Corpo do cabeçote
038	Cremalheira do movimento horizontal
039	Cremalheira do movimento vertical
040	Eixo horizontal
041	Engrenagem do movimento vertical
042	Engrenagem do movimento horizontal
043	Fixador da válvula 4/2
045	Grampo de aperto, prato de 2 grampos
046	Grampo de aperto, prato de 3 grampos
047	Grampo de aperto, prato de 4 grampos
048	Guia da cremalheira do movimento horizontal
049	Guia da cremalheira do movimento vertical
050	Meia-lua da chumaceira do movimento vertical
051	Mesa de fixação ao barramento
072	Parafuso em T invertido, M16
074	Perno do prato desandador
076	Porca de atravancamento do veio
077	Porca d atravancamento do veio
081	Prato de fixação de 2 grampos
082	Prato de fixação de 3 grampos
083	Prato de fixação de 4 grampos
084	Prato de fixação de desandador
085	Prato de fixação horizontal
090	Roda dentada do motor
091	Roda dentada do veio
093	Tampa posterior do corpo principal
094	Tampa das engrenagens
095	Tampa superior do cabeçote
098	Tampão da válvula de retenção sequencial, M16x12
104	Válvula, bloco distribuidor
108	Veio principal

### 3.5. Sequência de montagem:

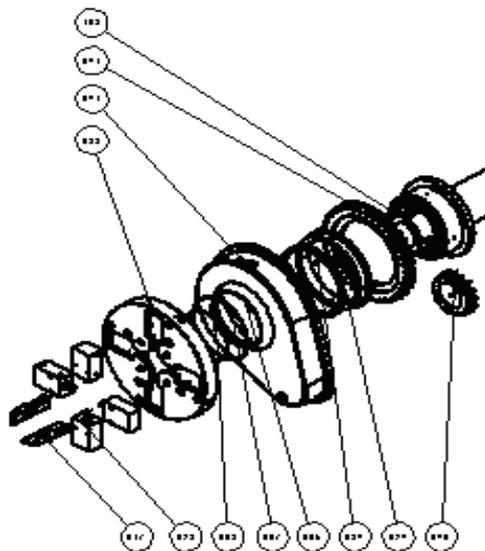
Existem vários padrões de sequência de montagem dos componentes, de forma a construir e a dar forma ao cabeçote semi-automático, de seguida apresenta-se uma das sequências previstas para a montagem do cabeçote, sendo esta baseada unicamente nas referências dos componentes, segundo a listagem anexada no capítulo 7/7.2.

022	051	025	018	040	010	006	002	011	042	048
038	034	020	049	049	035	039	021	019	036	041
001	001	026	026	050	086	086	087	087	028	028
027	027	092	092	009	009	108	077	076	088	004
093	091	029	052	090	089	094	005	007	003	032
032	032	032	083	023	023	023	023	047	047	047
047	100	100	100	100	073	073	073	073	073	073
073	073	043	043	105	105	105	105	101	101	101
101	016	103	015	099	106	106	024	104	037	102
095	033	033								

Esta sequência de montagem deve ser lida da mesma forma que um livro, isto é, da esquerda para a direita, seguindo-se de seguida uma mudança para a linha seguinte no sentido descendente.

Seguidamente transcreve-se um excerto da sequência e uma representação esquemática da montagem:

...083 023 023 023 023 047 047 047 047...



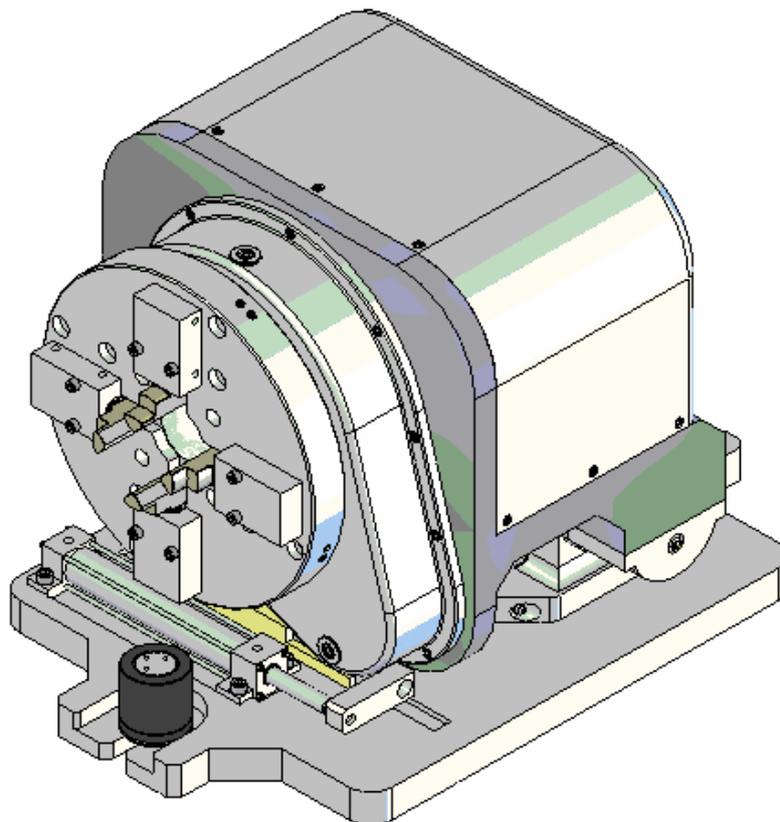
**Fig.7:** Excerto da montagem dos componentes do cabeçote.

E assim sucessivamente, até concluir a montagem do cabeçote semi-automático.

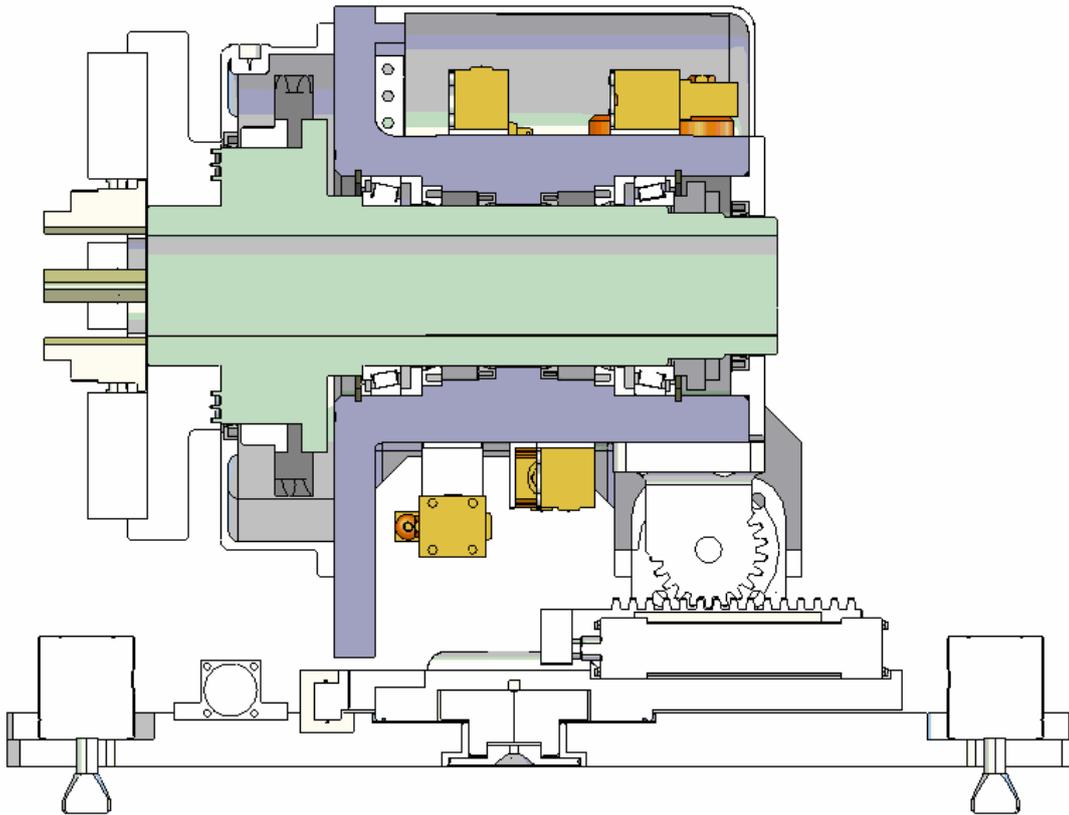
## 4. Produto final

Após o dimensionamento, demonstra-se como produto final um conjunto de componentes, que montados entre si, dão forma ao cabeçote semi-automático, consoante a figura 8 e 9. Este não se pode definir como estando totalmente dimensionado e pronto a por em funcionamento, visto que ainda existe uma série de componentes a dimensionar indispensáveis para o seu funcionamento.

Para tal apresenta-se duas listas, das quais uma se refere às etapas concluídas com este trabalho, e a outra apresenta todas as etapas futuras a realizar. Esta última divide-se em dois grupos, etapas fundamentais para o funcionamento do cabeçote, e etapas que apenas visão melhorar as características técnicas do cabeçote.



**Fig. 8:** Cabeçote semi-automático montado, em perspectiva isométrica.



**Fig.9:** Cabeçote semi-automático parcialmente montado, com corte a  $\frac{1}{2}$  da sua secção.

## 4.1. Etapas concluídas:

- 1 - Pesquisa das características mínimas a aplicar na construção do cabeçote;
- 2 - Dimensionamento das engrenagens helicoidais de transmissão de potência;
- 3 - Dimensionamento das engrenagens rectas dos movimentos verticais e horizontais;
- 4 - Estudo de torção do veio;
- 5 - Estudo de fadiga das engrenagens e do veio;
- 6 - Dimensionamento dos rolamentos;
- 7 - Estudo das tensões de corte e esmagamento das chavetas;
- 8 - Estudo da transmissão do motor;
- 9 - Construção do esquema lógico (total) dos circuitos hidráulicos;
- 10 - Pesquisa e selecção dos componentes do circuito hidráulico (estrutura do cabeçote);
- 11 - Estudo e dimensionamento dos componentes do cabeçote;
- 12 - Representação dos componentes a 3D;

- 13 - Estudo do tolerânciamento e ajustamentos de montagem;
- 14 - Montagem dos componentes (computacionalmente);
- 15 - Representação dos componentes em desenhos técnicos a 2D;
- 16 - Listagem de todos os componentes;
- 17 - Selecção dos componentes a adquirir no mercado;
- 18 - Selecção dos componentes a fabricar;
- 19 - Construção do relatório final;
- 20 - Apresentação deste trabalho.

## **4.2. Etapas futuras:**

### **4.2.1. Etapas fundamentais para o funcionamento:**

- Pesquisa e selecção dos componentes do circuito hidráulico (unidade de potência);
- Análise de toda a consola de controlo do cabeçote;
- Selecção dos componentes da consola de controlo;
- Construção de um protótipo do cabeçote;
- Construção da unidade de potência;
- Construção dos pratos de fixação;
- Montagem dos equipamentos (produto final, global);
- Submissão do protótipo a testes de funcionamento;
- Submissão do protótipo a testes de robustez;
- Análise dos resultados;
- Rectificações, testes e afinações;
- Produto final.

### **4.2.2. Etapas de desenvolvimento para outras opções:**

- Construção de um prato de fixação para maquinagem de excêntricos;
- Dimensionamento de um contraponto;
- Dimensionamento do ponto do prato desandador;
- Análise à alimentação automática do material base (varão);
- Análise ao sangramento das peças.

Com isto, e após se terem concluído com êxito todas as etapas descritas anteriormente, pode-se processar a construção em série do cabeçote semi-automático, e comercialização no mercado. Oferecendo um produto inovador, sofisticado e de grande utilidade, provocando este, um desenvolvimento das indústrias metalomecânicas, e quem sabe, definir uma nova geração deste tipo de indústrias.

## 5. Características do cabeçote

As características técnicas deste cabeçote, apresentáveis ao público, a título de informação, são:

- Aplicável em fresadoras, tornos, furadoras, plainas, escateladoras e rectificadoras;
- Potência até 11,06 [kW];
- Gama de rotações de 0 até 4255,26 [rpm];
- Número de velocidades ilimitada;
- Divisão angular de 0,5 até 360 [°];
- Equipado com prato de fixação de 2 grampos;
- Equipado com prato de fixação de 3 grampos;
- Equipado com prato de fixação de 4 grampos;
- Equipado com prato desandador;
- Equipado com prato de fixação horizontal;
- Capacidade de fixação nos pratos, interiormente de 4 a 93 [mm];
- Capacidade de fixação nos pratos, exteriormente de 30 a 142 [mm];
- Movimentação horizontal de – 45 até 45 [°];
- Movimentação vertical de 0 até 90 [°];
- Equipamento com fixação ao barramento por cilindros hidráulicos;
- Equipamento com fixação ao barramento por parafusos em T invertido;
- Actuação totalmente hidráulica;
- Controlo eléctrico;
- Requer programação.

## 6. Conclusão

Todos os objectivos de dimensionamento e restrições apresentados inicialmente foram superados com êxito e rapidez, isto com a preciosa ajuda do organigrama funcional, o qual proporcionou uma rápida selecção das exclusões a fazer, bem como todas as decisões abrangentes a efectuar.

Relativamente aos custos do cabeçote este apresenta uma perspectiva monetária dentro do esperado (6300 €), pois a maior percentagem dos componentes (57 %) são de características normalizadas, o que baixa bastante o seu custo. Desde o início que se pretendeu dimensionar os componentes para que estes tivessem a menor manutenção possível, desgaste, massa e volume, melhor facilidade de acoplamento e como já referido o seu custo monetário. O cabeçote para além de diversas vantagens que apresenta relativamente aos convencionais, tem um bom aspecto visual, boas características mecânicas, boa precisão, elevado poder de resposta, boa adaptação a qualquer posição de trabalho.

Com isto pode-se afirmar que todos os aspectos de dimensionamento foram superados com êxito, e que com este projecto, estamos perante um equipamento versátil, económico, vantajoso, e de inúmeras vantagens.

# 7. Capítulo técnico

## 7.1. Parte I – Análise dos componentes, dimensionamento e tabelas:

- Organigrama funcional;
- Exclusões e decisões do organigrama funcional;
- Esquema lógico dos circuitos hidráulicos;
- Folhas de cálculos para análise e dimensionamento:
  - Transmissões hidrostáticas;
  - Engrenagens;
  - Transmissão do motor;
  - Rolamentos;
  - Torção do veio;
  - Fadiga do veio;
  - Corte e esmagamento das chavetas;
  - Tolerânciamentos;
- Cabeçote divisor universal (formulação e tabelas).

## 7.2. Parte II – Desenhos técnicos dos componentes:

- Listagem e referências dos componentes do cabeçote;
- Desenhos de definição (desenhos individuais dos componentes);
- Desenhos de definição (desenhos de montagem);
  - Prato de 2 grampos;
  - Prato de 3 grampos;
  - Prato de 4 grampos;
  - Prato desandador;
  - Cabeçote montado;
  - Cabeçote em perspectiva explodida.

## 8. Bibliografia

### Pesquisa bibliográfica:

- Andrade, Carlos; Apontamentos para a disciplina de Desenho de Construção Mecânica I ; IPB 2001/2002. [1]
- Casillas, A. L. ; Máquinas formulário técnico, 4ª Edição; Editora Mestre Jou 1987. [2]
- Castro, Paulo Tavares; Órgãos de máquinas e anteprojecto; Feup 1996/1997. [3]
- Gieck, Kurt; Engineering formulas, 7ª Edição; MacGraw – Hill 1986. [4]
- João, Ana; Apontamentos para a disciplina de Desenho de Construção Mecânica II; IPB 2001/2002. [5]
- Lima, Rui; Apontamentos para a disciplina de Transmissões Hidrostáticas, 1ª Edição; IPB 2003/2004. [6]
- Mesquita, Luís Manuel Ribeiro; Apontamentos para a disciplina de Mecânica dos Materiais I; IPB 2002/2003. [7]
- Mesquita, Luís Manuel Ribeiro; Apontamentos para a disciplina de Mecânica dos Materiais II; IPB 2003/2004. [8]
- Morais, José Manuel de Simões; Desenho Técnico Básico 3, 3º Volume; Porto Editora 1995. [9]
- Römheld; Hydraulic, Power Workholding, Tool Clamping and Hydraulic Elements; Römheld; Worldwide 1998. [10]
- Roseira, António Silva Lopes; Elementos de Mecânica, 9ª Edição; Porto Editora 1997. [11]

### Pesquisa de Internet:

- <http://www.aneisrcs.com.br>
- <http://www.arcaretentores.com.br>
- <http://www.boschrexroth.com>

- <http://www.bru-hyd.com>
- <http://www.dinatecnica.com.br/index.htm>
- <http://www.elkaconexões.com.br>
- <http://www.gustavocudell.pt>
- <http://www.ina.com>
- [http://www.jo-spareparts.de/brasil/produkte/MPs/MPs\\_br.htm](http://www.jo-spareparts.de/brasil/produkte/MPs/MPs_br.htm)
- <http://www.romheld.co.uk/>
- <http://www.roemheld.de>
- <http://www.romheldaustralia.com.au/index2.html>
- <http://www.surpluscenter.com>
- <http://www.thesealman.com/pages/translations/oportugues.html>
- <http://www.timken.com>

## 9. Apêndice

### **Observações dos construtores dos componentes:**

- Aqui refere-se todas as sugestões dos fabricantes para montagem dos componentes, bem como o tolerânciamento, paralelismos de montagem, dimensões e outras anotações:

- Retentores;
- Rolamentos;
- Equipamentos hidráulicos:
  - Válvulas normais e de solenóide;
  - Motor hidráulico;
  - Cilindros hidráulicos.