

Projecto de um dispositivo hidráulico para aperto de um componente automóvel

Pedro Daniel Tavares Marques

Relatório do Projecto Final

Orientador: Prof. Adérito Varejão



FEUP

**Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica
Projecto e Construção Mecânica**

20-10-2008

Resumo

Neste projecto procurou-se desenvolver um dispositivo que permitisse posicionar com precisão e segurar as peças a maquinar, neste caso os cubos das rodas dianteiras de um Ford Fiesta.

O projecto incidiu somente na primeira fase de maquinação das peças em causa, dado que a maquinação total da peça não pode ser executada num único aperto.

O projecto baseou-se basicamente no desenvolvimento e aperfeiçoamento de um modelo 3D, usando para isso o software SOLIDWORKS, e na selecção e posicionamento de todas as peças constituintes do dispositivo, de modo a garantir um posicionamento preciso e um aperto seguro.

Abstract

This project concerns the design of a positioning system for holding with precision components to be machined. In the present case the components belong to the wheels of a Ford Fiesta.

The project concerns the first phase of the machining of these components, since the complete machining of the component implies a change in its position.

The work consist on the development of a 3D model using the commercial software package SOLIDWORKS, including the selection and geometrical location definition for all parts, in order to guarantee a precise positioning and robust gripping.

Dedicatória

Esta primeira página do relatório servirá para agradecer a todos aqueles que me ajudaram, encorajaram e acompanharam durante a realização deste projecto.

Ao professor Adérito Varejão agradeço toda disponibilidade e atenção demonstradas ao longo deste percurso e todos os conhecimentos transmitidos neste ano de trabalho.

Aos meus pais, Daniel e São, e aos meus irmãos, Jorge e Catarina, agradeço todo o apoio e palavras de encorajamento ao longo deste ano.

Finalmente, à Joaquina, agradeço a companhia, paciência e apoio em todos os momentos, principalmente nos mais difíceis.

Índice

Resumo.....	iii
Abstract	iv
Dedicatória	v
1. Introdução.....	1
1.1. Objectivos gerais	1
1.2. Descrição do centro de maquinação	1
1.3. Breve descrição do processo de maquinação	2
2. Peças Escritas.....	5
2.1. Mesa.....	6
2.2. Cilindros Hidráulicos.....	9
2.2.1. Cilindro de aperto do “Ball-Joint”	10
2.2.2. Cilindro de aperto do amortecedor	11
2.2.3. Cilindro de Aperto do Braço de Direcção.....	12
2.2.4. Multiplicador de Pressão.....	15
2.3. Suportes de Apoio e Posicionamento	18
2.3.1. Apoio do ponto de ligação ao braço de direcção.....	18
2.3.2. Apoio do ponto de ligação ao amortecedor	20
2.3.3. Apoio do ponto de ligação ao “Ball-Joint”	22
3. Peças Desenhadas.....	23
4. Conclusão	24
ANEXOS	25
ANEXO A – Desenhos do dispositivo Hidráulico	26
ANEXO B – Catálogo e características técnicas do centro de maquinação	27
ANEXO C – Desenho do centro de maquinação.....	28
ANEXO D – Catálogo de cilindros “Roemheld”	29
ANEXO E – Catálogo de Ponteiras “Halder”	30
ANEXO F – Catálogo do multiplicador de pressão e filtro “MiniBooster”	31
ANEXO G – Esquema hidráulico do dispositivo	32

1. Introdução

Este trabalho é realizado no âmbito do Projecto Final do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, Opção de Projecto e Construção Mecânica e consiste no projecto de um dispositivo hidráulico para o aperto de cubos de roda, direitos e esquerdos, num centro de maquinação horizontal, de dupla árvore.

1.1. Objectivos gerais

Procurou-se desenvolver neste projecto um dispositivo que permitisse posicionar com precisão e segurar as peças a maquinar, neste caso os cubos das rodas dianteiras de um Ford Fiesta.

O projecto incidiu somente na primeira fase de maquinação das peças em causa, visto que, a maquinação de todas as superfícies não poderia ser feita com a peça na mesma posição.

O projecto baseou-se basicamente no desenvolvimento e aperfeiçoamento de um modelo 3D usando o software SOLIDWORKS e na selecção e posicionamento de todas as peças constituintes do dispositivo, de modo a que se garantisse um aperto preciso e seguro. As razões que levaram à escolha de cada uma das peças constituintes do dispositivo serão objecto de uma análise mais aprofundada no capítulo 2 deste relatório.

1.2. Descrição do centro de maquinação

Foi inicialmente definido o uso de um centro de maquinação de dupla árvore da marca SW e modelo BA-600-2¹. Estes centros de maquinação são normalmente usados para trabalhar peças metálicas em grande série, sendo obtidos bons resultados quer a nível de qualidade de trabalho quer a nível da repetibilidade nas peças. As árvores horizontais permitem uma queda franca das limalhas produzidas.

O centro de maquinação escolhido tem, como já referido anteriormente, duas árvores com um binário de 363N.m/árvore e 600mm de distância entre si que permitem maquinar duas peças em simultâneo reduzindo assim o tempo e os custos da operação. É também possível com esta máquina, maquinar várias peças usando a mesma árvore. No caso deste projecto serão maquinadas duas peças direitas e duas peças esquerdas.

¹ Ver ANEXO B – Características Técnicas do Centro de Maquinação

Este centro de maquinação CNC está equipado com dois divisores (4º eixo) permitindo mecanizar a peça em qualquer ângulo entre 0º e 360º. A troca rápida de divisor permite carregar 4 peças, em bruto de fundição, enquanto estão a ser maquinadas outras 4.

Esta máquina está equipada com um armazém de 2 x 40 ferramentas de corte, o que permite ter um leque bastante alargado de operações a realizar.

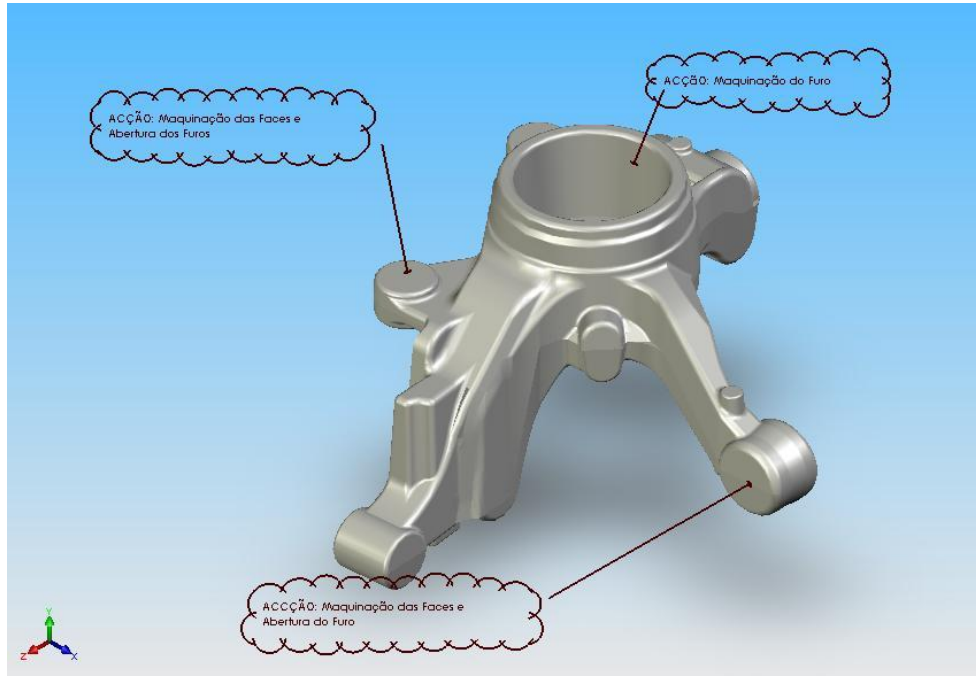
1.3. Breve descrição do processo de maquinação

FASE 1

O dispositivo cujo projecto é descrito neste relatório destina-se a posicionar as peças a maquinar e a mantê-las seguras durante o processo de maquinação a executar.

Nesta primeira fase da maquinação, considerada para o desenvolvimento do dispositivo, considerou-se que iriam ser maquinadas as seguintes superfícies:

- Furo para rolamento
- Furos e faces de fixação do travão de disco
- Furo e faces da ligação ao braço de direcção
- nFuro e face frontal da fixação do “Ball-Joint”



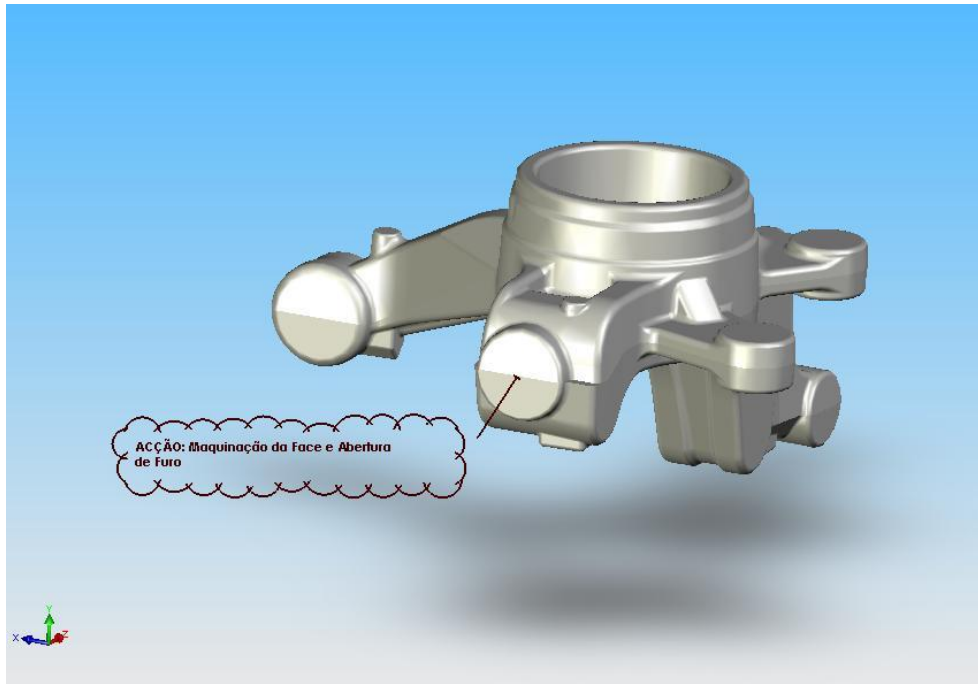


Fig. 1 - Acções a realizar na FASE 1 da maquinação da peça (Peça em *Bruto*)

A maquinação das superfícies enumeradas acima, será feita em duas fases distintas, em que a mesa terá que rodar de modo a que as peças fiquem na posição desejada. Assim sendo, na fase inicial serão maquinadas a maioria das superfícies, sendo que, após a rotação da mesa serão apenas maquinados os furos de fixação do “Ball-Joint” e ao Braço de Direcção.

As peças serão maquinadas em grupos de duas peças em simultâneo (2 peças direitas e 2 peças esquerdas), visto que, como foi já referido anteriormente o centro de maquinação a utilizar é de dupla árvore e possibilita esta opção.

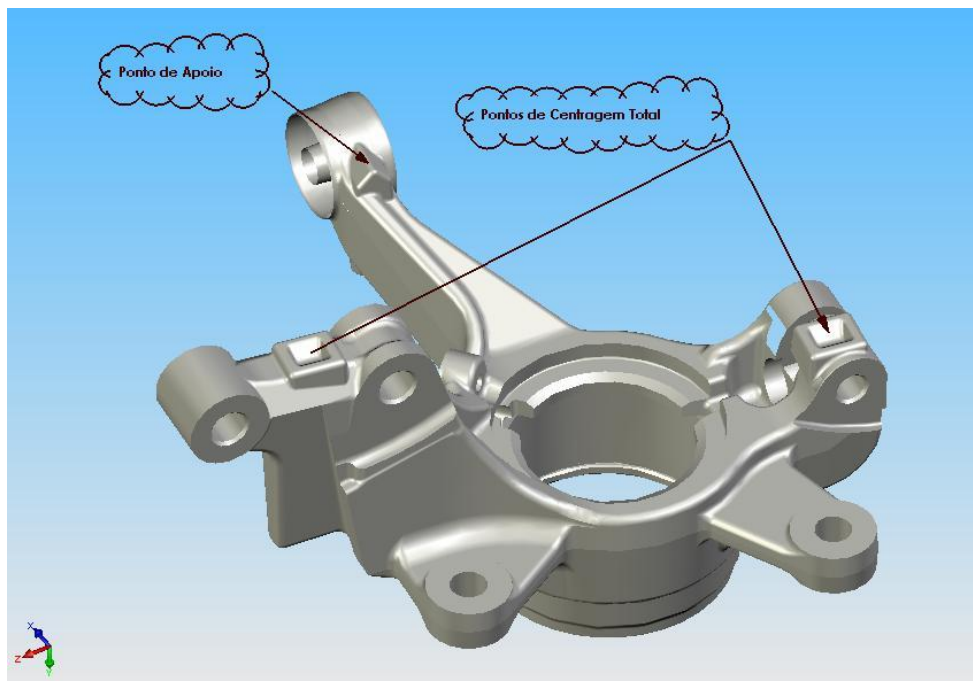


Fig. 2 - Pontos de posicionamento da peça na FASE 1 (Peça Maquinada)

As peças serão posicionadas através dois pontos de apoio e centragem total, nas ligações ao amortecedor e ao “Ball-Joint”, e por um ponto de apoio na ligação ao braço de direcção.

FASE 2

A segunda fase da maquinação, não sendo objecto de estudo neste projecto, será abordada de uma forma sucinta com uma exposição do tipo de posicionamento e operações a realizar.

Nesta fase de maquinação seriam maquinadas as seguintes superfícies:

- Furos e faces da ligação ao amortecedor
- Furo e faces laterais da ligação ao “Ball-Joint”

A maquinação destas superfícies seria feita de forma idêntica ao realizado no FASE 1, ou seja, as peças seriam maquinadas aos pares (2 peças direitas e 2 peças esquerdas), sendo a mesa rodada de forma a permitir o acesso a todas as superfícies.

Nesta segunda “palette”, seriam posicionadas quatro peças, centradas através de um mandril expansível no interior do furo do rolamento (centragem total), sendo o desempenho angular efectuado num dos furos de fixação de travão de disco.

2. Peças Escritas

O dispositivo hidráulico é constituído basicamente por uma mesa, cilindros hidráulicos e suportes para apoio e posicionamento das peças.

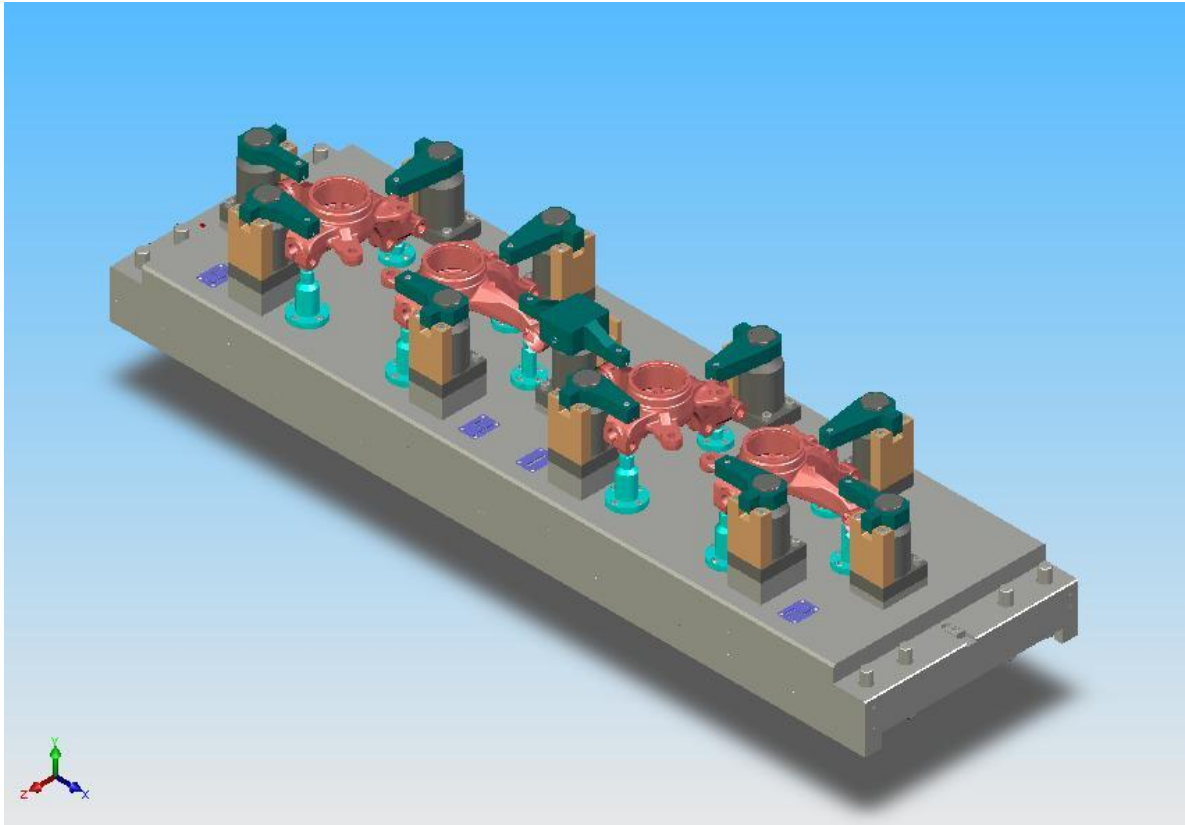


Fig. 3 – Desenho de Conjunto do Dispositivo Hidráulico

A mesa de “suporte” servirá para colocação e disposição de todos os elementos acima referidos, assim como, para passagem de todos os canais de alimentação e retorno de óleo aos cilindros hidráulicos.

Os cilindros hidráulicos servirão para efectuar o aperto da peça nos pontos de apoio pré definidos.

Os suportes de apoio e posicionamento da peça, servirão para posicionar a peça de modo a que se possa realizar o aperto pelos cilindros hidráulicos, com precisão, repetibilidade e segurança.

Neste tipo de dispositivos são usadas normalmente pressões elevadas de forma a reduzir o tamanho dos cilindros e assim rentabilizar ao máximo o espaço disponível para o posicionamento das peças a maquinar. No presente caso utilizou-se uma pressão de alimentação aos cilindros de 200bar de acordo com a capacidade do centro de maquinaria usado e descrito anteriormente neste relatório.

De seguida far-se-á uma descrição mais detalhada de cada um destes componentes e apresentar-se-ão as razões que levaram à escolha de cada um deles.

2.1. Mesa

A Mesa é a peça sobre a qual se irão posicionar todos os elementos que fazem parte do dispositivo de aperto. Servirá também para fazer a ligação dos suportes existentes no centro de maquinação através das suas extremidades, assim como para ligação aos canais de alimentação e retorno de óleo que alimentarão os cilindros hidráulicos. A mesa será portanto apoiada sobre os esquadros existentes no centro de maquinação, tendo sido modelada para tal efeito.

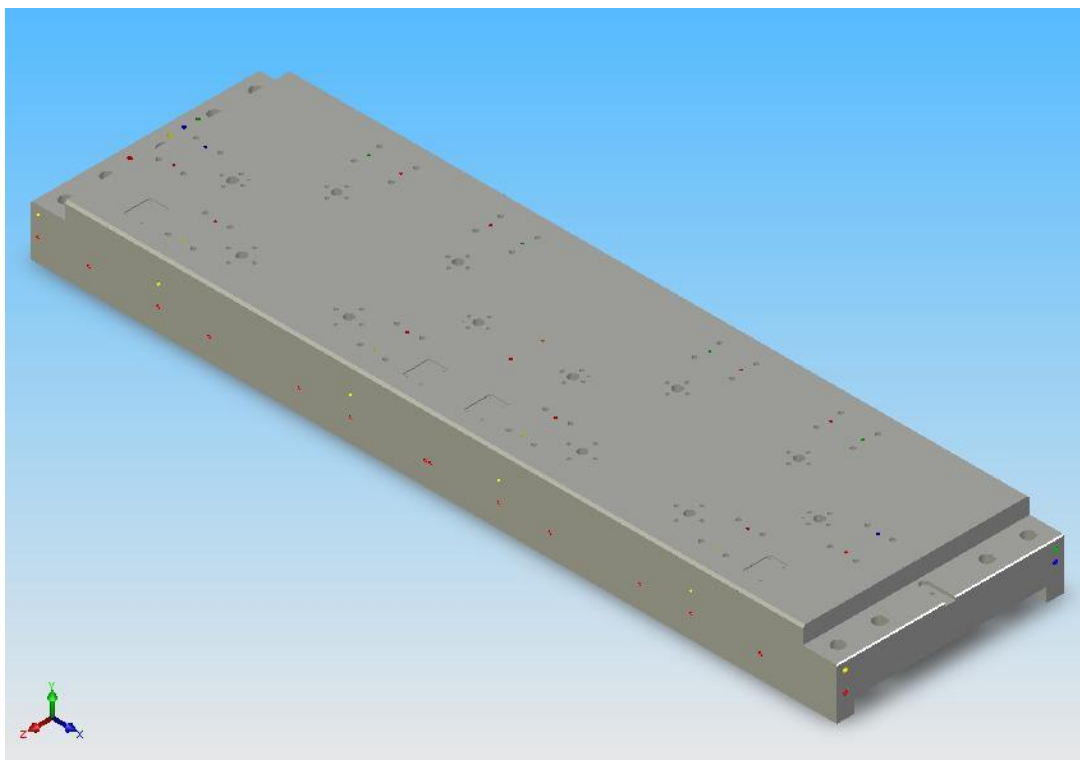


Fig. 4 - Mesa de Suporte

A primeira etapa na modelação da mesa de apoio foi o posicionamento de todos os pontos para apoio das peças. Estes pontos, obtidos a partir do modelo 3D do cubo de roda, teriam que ser localizados na mesa de forma bastante rigorosa, de modo a que fosse possível o posicionamento correcto de todas as peças, que dado o espaço disponível na mesa, foram posicionadas em grupos de 2+ 2 peças (esquerda e direita) em linha.

Começou-se por definir a localização geométrica de apoio das peças 3 e 4². Para os pontos de apoio das peças 1 e 2 foi considerado um afastamento de 600 mm relativamente aos pontos atrás mencionados, respectivamente, visto ser esta a distância entre as duas árvores do centro de maquinação horizontal. Neste posicionamento teve-se ainda em conta que o comprimento da mesa deveria ser de 1300 mm, baseado na dimensão da espaço disponível no

² Consultar ANEXO A – Desenhos do dispositivo

centro de maquinação. A largura da mesa é de 400 mm (largura dos esquadros), sendo que, neste caso poderíamos ter escolhido, em caso de necessidade, uma largura maior.

As peças serão portanto maquinadas aos pares, sendo maquinadas com cada par de ferramentas, em primeiro lugar as peças 1 e 3, e seguidamente as peças 2 e 4, após o que a mesa será rodada de modo a maquinar as outras superfícies, na mesma ordem.

Efectuada a disposição dos pontos de inserção dos apoios na mesa, avançou-se para o posicionamento dos cilindros hidráulicos para aperto das peças. Após a escolha dos cilindros³, baseada na pressão de óleo disponível (200bar) e força necessária para o aperto (cerca de 6kN por cilindro), posicionaram-se os mesmos na mesa de modo a não haver interferência com as diversas ferramentas durante o processo de maquinação bem como com as peças propriamente ditas.

Definidas as posições dos apoios e dos cilindros, avançou-se para a definição da ligação aos esquadros do centro de maquinação que servirão tanto para suportar a mesa como para fazer a alimentação e retorno de óleo. A definição da dimensão e geometria desta ligação foi definida tendo em conta as dimensões e geometria dos referidos esquadros⁴.

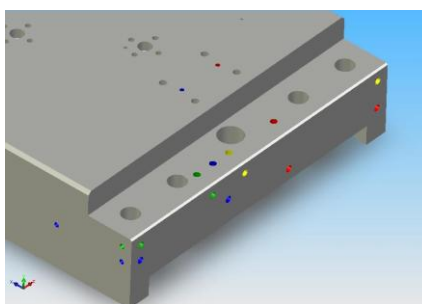


Fig. 5 - Pormenor do "Esquadro de Alimentação"

Para a fixação usaram-se quatro parafusos de dimensão M20, em cada um dos topos da mesa, dispostos simetricamente na ligação enquanto na furação para alimentação e retorno de óleo foram feitos 4 canais de 8 mm de diâmetro, nas posições 1, 3, 5 (alimentação) e 2 (retorno).⁵

De modo a que se pudesse posicionar a mesa coma máxima precisão, foi introduzido numa das extremidades da mesa, um casquilho (DIN179) com 20 mm de diâmetro interior, sendo depois introduzida uma cavilha cilíndrica com extracção (DIN7979) para que se pudesse posicionar esta peça nos esquadros do centro de maquinação. Na extremidade oposta, colocou-se uma chaveta em aço, fixa por um parafuso M6, que permitisse ter também esta função de posicionamento. Estas peças, de algum desgaste, podem ser substituídas com bastante facilidade e evitam riscos de desgaste exagerado da mesa nestes pontos.

³ Consultar Secção 2.2 Cilindros Hidráulicos

⁴ Consultar ANEXO B – Catálogo e características técnicas do centro de maquinação

⁵ Consultar ANEXO C – Desenho do centro de maquinação

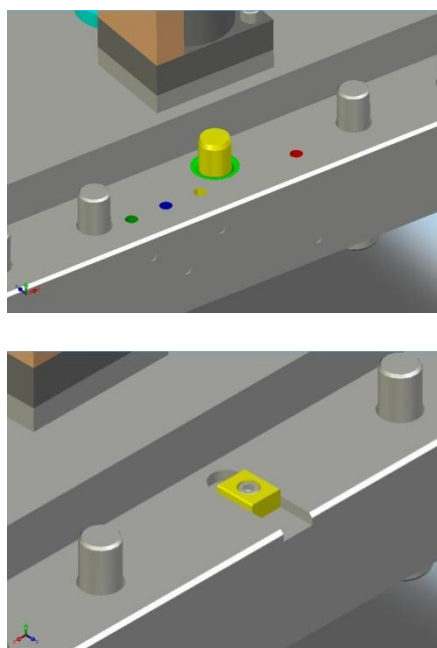


Fig. 6 - Pormenor da chaveta e cavilha de posicionamento da mesa

Finalmente, depois de definidas as posições dos elementos acima mencionados, procedeu-se ao arranjo dos “caminhos” de furos para efectuar a alimentação e para efectuar o retorno de óleo que alimenta os cilindros. Estes caminhos foram definidos de forma a não causarem interferências com os elementos já dispostos no dispositivo, assim como, com a furação já existente (para inserção de parafusos, pinos, etc...). Para esta furação foram considerados diversos diâmetros de furos, de acordo com a sua função, como se explica de seguida:

- Furos de diâmetro 8 mm: Canais de alimentação e retorno de óleo, longitudinais.
- Furos de diâmetro 6 mm: Canais de alimentação e retorno de óleo, transversais.
- Furos de diâmetro 5 mm: Canais de alimentação e retorno de óleo, verticais (ligação aos cilindros hidráulicos).

Para a alimentação dos cilindros foram consideradas três linhas⁶ (aperto), uma por cada “tipo” de cilindro, ou seja, uma linha para os cilindros que apertam no apoio da ligação ao braço de direcção, uma segunda para os cilindros que apertam no apoio da ligação ao amortecedor e finalmente uma linha que se destina a alimentar os cilindros que apertam na ligação “Ball-Joint”. Com a criação destas três linhas independentes de alimentação pretende-se ter a possibilidade de controlar a ordem de actuação dos cilindros, de forma a evitar erros no posicionamento da peça ou na precisão do mesmo. Com esta opção temos a possibilidade de fazer o aperto, primeiro nos pontos de centragem e, somente depois, no ponto ou pontos de

⁶ Consultar ANEXO G – Esquema hidráulico do dispositivo

apoio. No nosso caso teremos dois pontos de centragem (apoio da ligação ao amortecedor e apoio da ligação ao “Ball-Joint”) e um ponto de apoio (apoio da ligação ao braço de direcção).

Para o desaperto dos cilindros foi apenas considerada uma linha hidráulica⁷, visto que não existe a necessidade de controlar individualmente o desaperto de cada um dos “tipos” de cilindro, pelo que o desaperto de todos os cilindros ocorre em simultâneo.

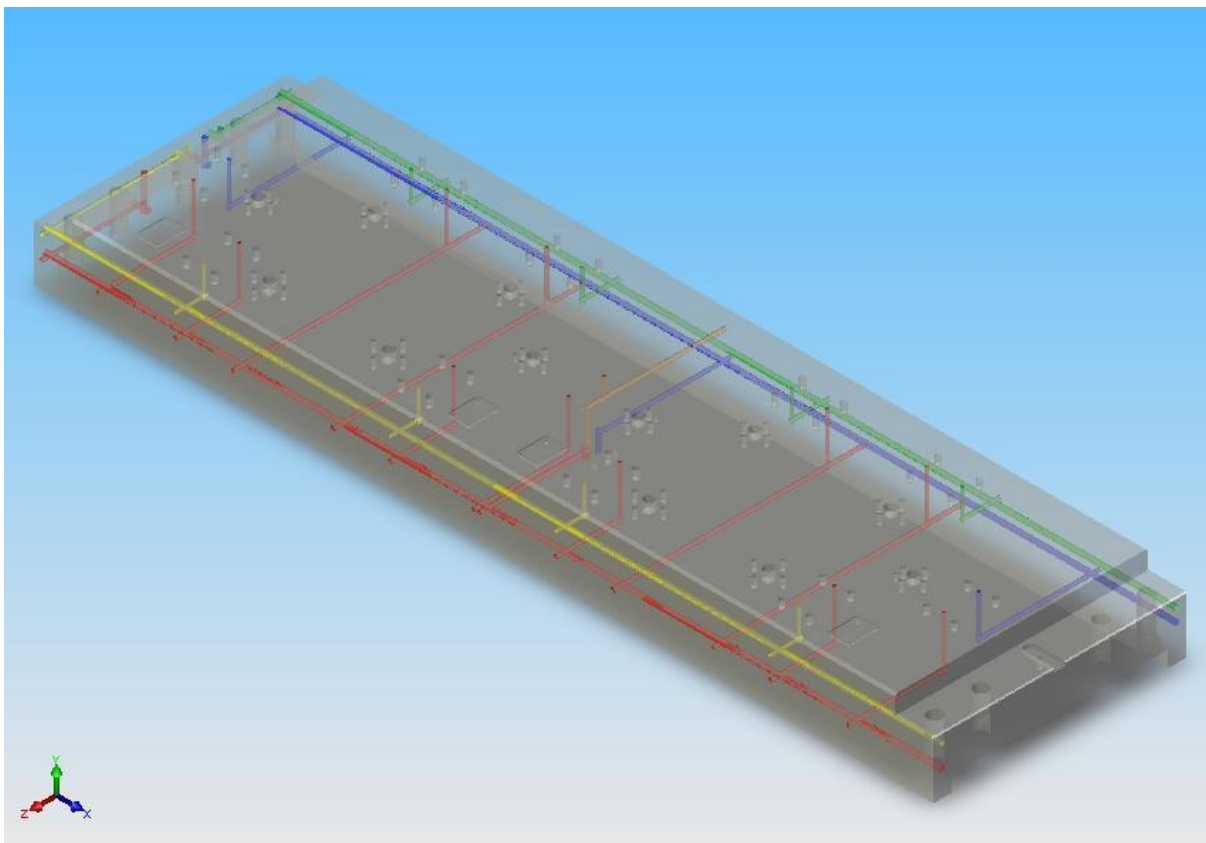


Fig. 7 - Mesa com Indicação dos Caminhos de Óleo – Alimentação (Azul, Verde e Amarelo) e Retorno (Vermelho)

2.2. Cilindros Hidráulicos

Os cilindros hidráulicos usados na construção deste dispositivo são cilindros pivotantes, ROEHMELD, com ângulo de rotação de 90°. Foram escolhidos cilindros de tamanho 2 e com um curso total de 22 mm, com ligação por O-ring.

Para este tipo de cilindro e de acordo com o catálogo do fabricante⁸, a uma pressão de alimentação de 200 bar, como foi convencionado inicialmente, corresponde uma força de

⁷ Consultar ANEXO G – Esquema hidráulico do dispositivo

⁸ Consultar ANEXO D – Catálogo de cilindros “Roehmeld”

aperto de aproximadamente 6kN por cilindro, que é bastante aceitável tendo em conta os trabalhos a realizar.

Apesar de se terem usado os mesmos tipos de cilindros para todas as posições, cada um tem certas particularidades derivadas do local e condições de aperto.

De seguida far-se-á uma análise mais exaustiva das escolhas que levaram a cada uma das soluções.

2.2.1. Cilindro de aperto do “Ball-Joint”

O cilindro que realizará o aperto da ligação ao “Ball-Joint”, será um cilindro pivotante da Roehmeld, com o código 1895-504.

Para realizar o aperto o cilindro terá acoplada uma garra. Esta garra foi projectada tendo por base uma garra standard Roehmeld, com o código 0354-003, e alterada de forma de acordo com as especificidades neste pondo de aperto. A forma desta garra, justifica-se pelo facto de haver necessidade de maquinar a face frontal da ligação ao “Ball-Joint”, que com a garra standard não seria possível, já que haveria interferência com a ferramenta de corte.

Para que haja a garantia de que a garra está na posição correcta aquando do aperto, inclui-se na mesma uma “guia”. Paralelamente construiu-se uma peça (será denominada de peça-guia) com uma reentrância onde a “guia” da garra se deverá encaixar na altura do aperto, garantindo assim uma posição correcta da mesma, evitando uma eventual colisão com as ferramentas de corte.

No local onde a garra efectua o contacto com a peça no aperto, será colocado uma ponteira serrilhada⁹, de modo a que este seja mais eficaz e, dado que será uma zona de algum desgaste, possam ser substituídas com facilidade. Esta ponteira estará fixa por um pequeno parafuso DIN912, de dimensão M5 e será impedida de rodar por uma pequena cavilha cilíndrica com extracção de dimensão M4, inserida na parte frontal da garra.

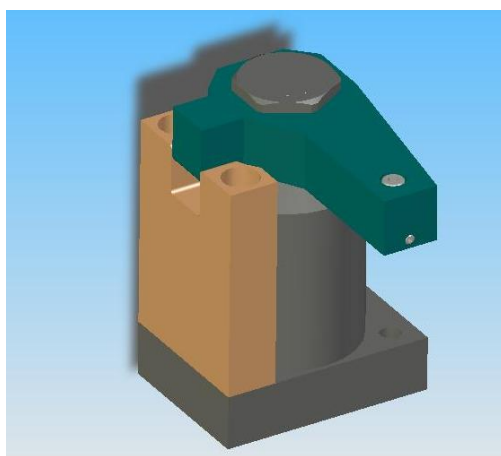


Fig. 8 - Conjunto Cilindro e Garra de aperto do "Ball-Joint"

⁹ Consultar ANEXO E – Catálogo de ponteiras “Halder”

Quando a garra está em contacto com a peça, existe ainda um curso livre do cilindro de pelo menos de 2mm. Por este facto e pelo facto de o ponto de aperto da peça se encontrar elevado, para a altura do cilindro escolhido, optou-se pelo uso de uma pequena base de 35mm de espessura em aço, de forma a elevar o ponto de aperto do cilindro. Esta base será construída de acordo com a base do cilindro e equipada nos canais de alimentação com um O-ring 8 x 1,5 tal como acontece na base do cilindro.

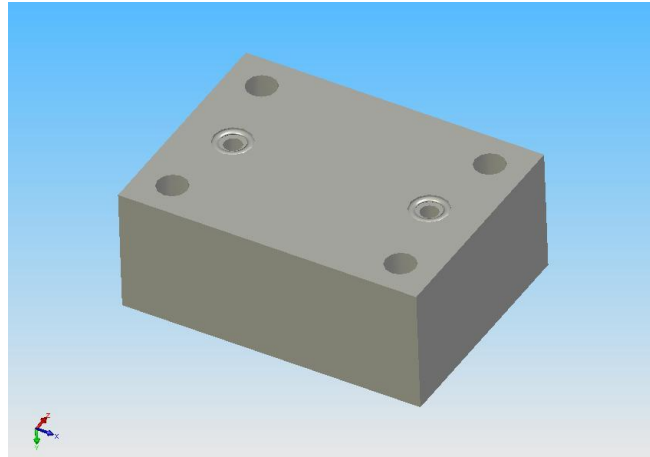


Fig. 9 - Base para os cilindros para aperto do braço de direcção

A base do cilindro será ligada à base de elevação e à mesa através de dois parafusos M8. Parafusos com a mesma dimensão e na mesma quantidade serão também usados para fazer a ligação entre a peça de posicionamento, a base do cilindro, a base de elevação e a mesa. No caso destes últimos parafusos, estes terão a cabeça embutida na peça de posicionamento para que não haja perigo de colisão com a garra.

2.2.2. Cilindro de aperto do amortecedor

O cilindro que efectua o aperto da ligação ao amortecedor será igual ao já usado no caso do aperto do “Ball-Joint”. O conjunto terá algumas características que se diferenciam do caso anterior, devido à posição deste cilindro.

Neste caso, a garra será também projectada a partir das dimensões de uma garra standard (Roehmeld – 0354-003) e alterada de acordo com as nossas necessidades. Relativamente a esta garra standard, foi necessário reduzir o comprimento em alguns milímetros de modo a poupar em material e reduzir ao mínimo o momento gerado no cilindro pela força de aperto. Sendo assim, reduziu-se o comprimento de tal forma a que houvesse uma distância de cerca de 3 mm entre o corpo do cilindro e a peça. Relativamente ao desenho inicial, acrescentou-se ainda uma guia na parte lateral da garra.

Da mesma forma que no caso anterior será aplicada uma ponteira serrilhada, no local de contacto entre a garra e a peça, que permitirá efectuar um aperto mais seguro. Esta ponteira está fixa por um parafuso DIN 912, M5 e impedida de rodar por uma cavilha cilíndrica com extracção aplicada na face frontal da garra.

Também neste caso se construiu uma peça que pudesse garantir que o cilindro realiza o aperto na posição correcta e não noutra posição. Nesta peça entrará um guia, parte integrante do corpo da garra construída, que garantirá que o aperto se faz na posição correcta.

Pelo facto de o ponto da peça em que ocorrerá o aperto não se encontrar muito elevado, não é necessária a construção de uma base adicional, já que, a altura do cilindro garante-nos que no ponto de aperto da peça existirá ainda um curso livre do cilindro superior a 2 mm, que foi considerado como curso livre de segurança.

A base do cilindro será ligada à mesa através de 4 parafusos M8, sendo que dois deles servem também para ligação da peça-guia à base do cilindro. Mais uma vez, a cabeça destes 2 parafusos estará embutida na peça-guia, de forma a evitar eventuais interferências com a garra no seu movimento de rotação.

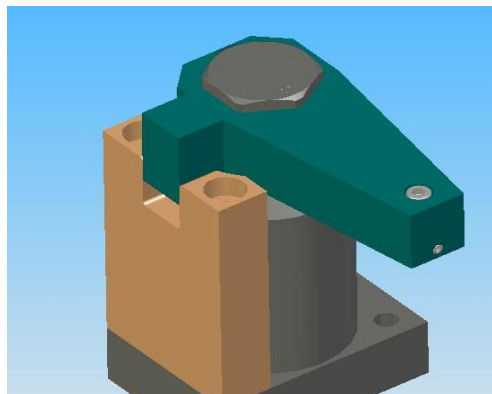


Fig. 10 – Conjunto cilindro e garra de aperto do amortecedor

2.2.3. Cilindro de Aperto do Braço de Direcção

No caso do cilindro que realiza o aperto da ligação ao braço de direcção, temos dois casos distintos: o aperto das peças dos *extremos* e o das peças *centrais*.

a. Cilindros *Externos*

Este cilindro é em tudo idêntico ao já descrito para o aperto do “Ball-Joint”. É um cilindro pivotante da Rohemeld modelo 1895-504.

A garra a usar neste aperto foi também desenhada tendo por base a garra da Roehmeld 0354-003, no entanto neste caso, retirou-se bastante material à largura da garra, já que as ferramentas de corte necessárias para maquinar as faces nesta zona teriam que andar paralelas a estas, portanto a garra tinha que ser concebida para que não houvesse qualquer interferência. A solução encontrada foi construir uma garra mais fina, com uma espessura inferior em 4 mm à espessura da peça.

Esta garra terá também embutida uma ponteira serrilhada, no ponto em que se irá realizar o aperto, fixa por um parafuso DIN 912, de dimensão M5.

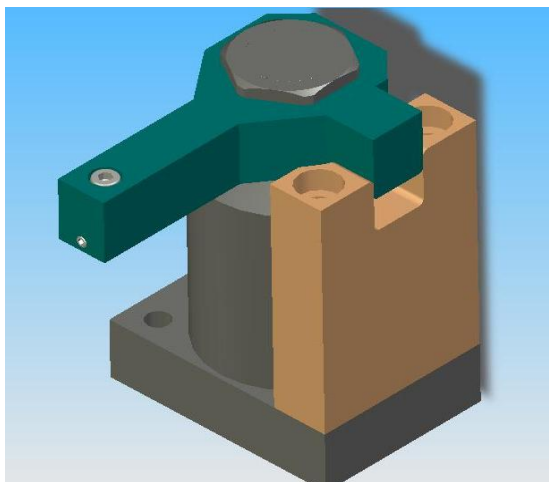


Fig. 11 - Conjunto cilindro e garra de aperto do braço de direcção (cilindro externo)

Construiu-se uma base, com a forma e dimensões da base do cilindro, para que o cilindro fosse elevado a uma altura em que na no momento de contacto com a peça o curso livre fosse de pelo menos 2 mm. Esta base tem 13 mm de altura e nos furos de alimentação e retorno de óleo tem dois O-Rings 8 x 1,5.

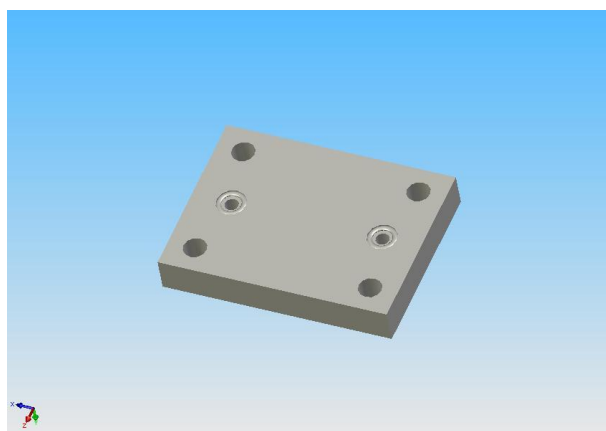


Fig. 12- Base dos cilindros de aperto do "Ball-Joint"

Mais uma vez, para garantir o correcto posicionamento do cilindro na altura do aperto, construiu-se um peça-guia, que permitisse guiar a garra garantindo a posição pretendida.

b. Cilindro *Central*

Para o aperto da zona de ligação ao braço de direcção das duas peças posicionadas no centro da mesa, optou-se pela utilização de apenas um cilindro. Esta opção deveu-se à falta de espaço para a inclusão de dois cilindros de aperto.

Para proceder a esta operação usando apenas um cilindro, houve necessidade de criar uma garra “dupla” basculante, permitindo assim o aperto das duas peças em simultâneo.

Na garra usada, o corpo é o de uma garra standard da Roehmeld, basculante, maquinada para adquirir a forma desejada. No uso desta garra verificava-se a mesma dificuldade encontrada na garra usada nos cilindros “externos”, ou seja, era necessário maquinar superfícies que estariam obstruídas pela garra e sem acesso por parte das ferramentas. Sendo assim, retirou-se alguma espessura dos braços da garra, libertando assim as superfícies a maquinar.

Foram introduzidas ainda duas ponteiros serrilhadas nos pontos da garra que iriam contactar com as peças. Estas ponteiros estarão fixas por um parafuso DIN 912, de dimensão M5 e serão impedidas de rodar por uma cavilha com extracção inserida na garra.

Será também introduzido numa das partes laterais um parafuso ligeiramente mais alongado, que permita guiar a garra aquando do aperto. Este parafuso prolonga-se até um rasgo aberto na peça-guia. Esta peça foi projectada de tal forma que não houvesse interferência com a garra durante a rotação, visto que, esta garra apresenta um corpo mais volumoso do que as até aqui utilizadas.

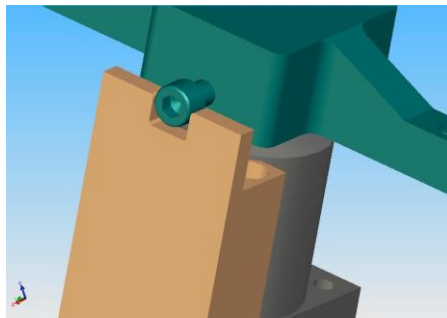


Fig. 13 - Pormenor da peça que "guia" o cilindro no aperto

Todo o conjunto será ligado à mesa através de 4 parafusos de dimensão M8, sendo que os parafusos que ligam também a peça guia, terão a cabeça embutida na mesma peça, de forma a não causar interferência com a garra durante a sua rotação.

Neste caso em particular temos uma garra dupla, pelo que a força de aperto será dividida pelos dois pontos de aperto, reduzindo assim para metade a força em cada um destes pontos. Por uma questão de equilíbrio da peça e de robustez no aperto, é necessário que a força se mantenha constante (cerca de 6kN) com a força exercida pelos restantes cilindros.

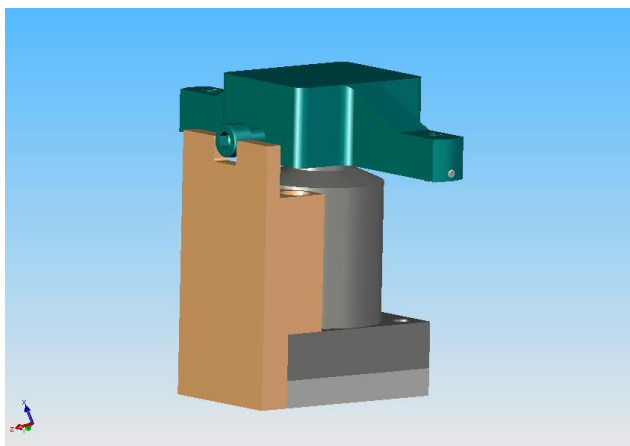


Fig. 14 - Conjunto cilindro e garra basculante para aperto do braço de direcção (Cilindro Central)

A solução encontrada foi a utilização de um multiplicador de pressão, que será descrito no ponto seguinte.

2.2.4. Multiplicador de Pressão

a. Breve descrição Multiplicador de Pressão

Um multiplicador de pressão é usado para aumentar a pressão num circuito hidráulico existente, multiplicando-a por um dado factor. No presente caso serve para garantir a força de aperto necessária no “Cilindro central para aperto do braço de direcção”.

Este sistema tem as vantagens de não necessitar de bombas de alta pressão evitando assim o uso de tubagem e como tem uma dimensão reduzida torna-se ideal para o uso neste tipo de dispositivos onde o espaço disponível é essencial.

O modelo escolhido para esta aplicação foi o HC3-H da MINIBOOSTER¹⁰. Este modelo tem a porta B fechada e é projectado para uma ligação directa ao dispositivo com a disposição da furação a seguir a norma NG6 (D03). Com a ligação directa ao dispositivo evitam-se todas as ligações de alta pressão.

¹⁰ Consultar Anexo F – Catálogo do multiplicador de pressão e filtro “MiniBooster”

O esquema hidráulico do multiplicador de pressão encontra-se ilustrado de seguida e o seu funcionamento sinteticamente descrito.

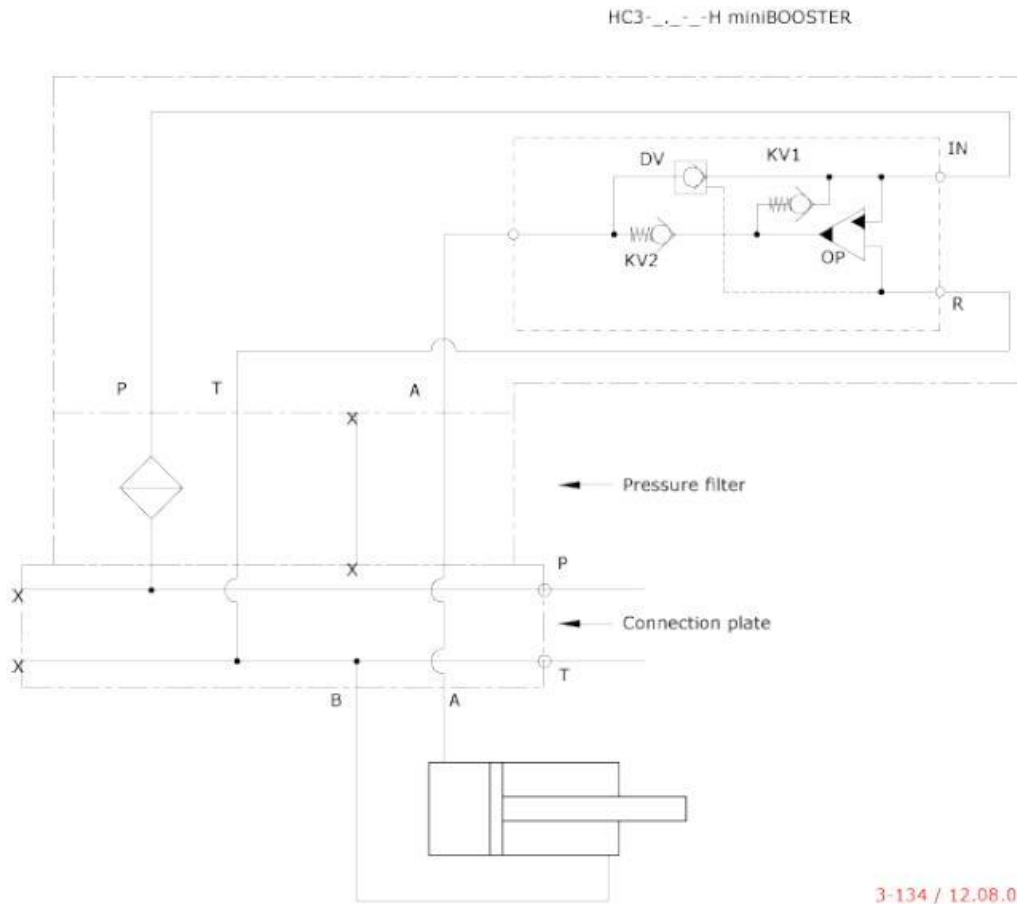


Fig. 15- Esquema hidráulico do multiplicador de pressão

O óleo é alimentado através da porta “P”, fluindo livremente através das válvulas de retenção KV1, KV2 e DV para a saída de alta pressão “H” sendo daqui alimentado para a porta “A” na ligação ao dispositivo. Nestas condições é atingido o máximo fluxo de óleo através do multiplicador de pressão imprimindo assim um avanço rápido do cilindro no lado “H”. Assim que o cilindro encontra resistência, a pressão aumenta até atingir a pressão máxima de alimentação. Isto leva ao fecho das válvulas de retenção KV1 e DV e direccionamento do óleo para “Vol.1”. A válvula “BV1” liga o “Vol.2” ao tanque via o “Vol.3”. À medida que a pressão de alimentação é aplicada ao “Vol.1” os pistões descem. Quando o pistão se encontra totalmente descido a válvula “BV1” é pilotada, mudando a sua posição. O fluido é então encaminhado para o “Vol.2” movendo os pistões para cima e fornecendo o fluido a alta pressão. Assim que o pistão atinge o ponto mais alto a pilotagem está ligada ao tanque e a válvula “BV1” regressa à sua posição original e o ciclo é repetido até que seja atingida a pressão necessária. A pressão será aliviada através da válvula pilotada DV.

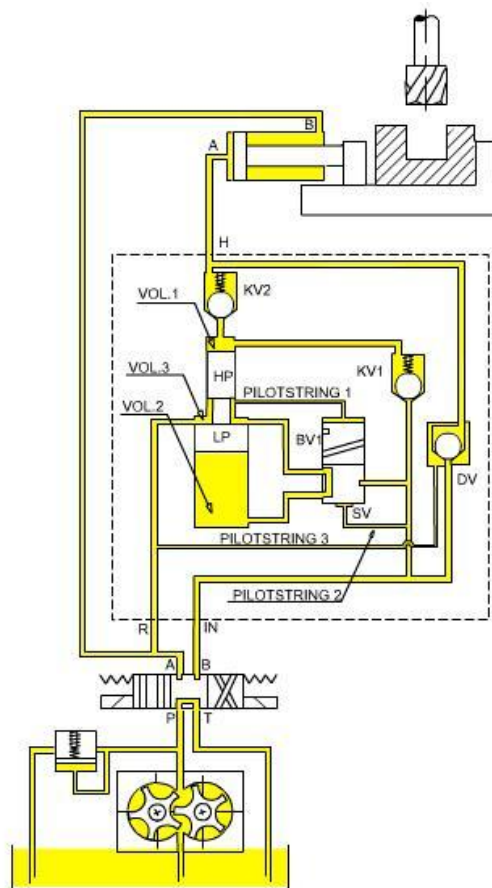


Fig. 16 - Esquema de funcionamento do multiplicador de pressão

b. Aplicação do Multiplicador de Pressão

No nosso caso em particular queremos que a pressão de entrada seja multiplicada por um factor de 2. Ou seja, como temos uma pressão de alimentação de todos os cilindros a 200 bar, queremos que neste cilindro em particular a pressão de entrada seja de aproximadamente 400bar. Consultando o gráfico constante do catálogo do fornecedor dos cilindros¹¹, verificamos que com esta pressão na alimentação (400 bar) do cilindro, temos uma força resultante em cada braço da garra de aproximadamente 6kN. Deste modo conseguimos obter uma força de aperto, em cada uma das garras, igual à realizada nas nos restantes pontos de aperto do dispositivo.

Aplicou-se também um filtro em linha com o multiplicador de pressão, de modo a prevenir uma eventual contaminação com impurezas o que poderia danificar as válvulas anti-retorno, impedindo-as de realizar a sua função.

¹¹ Consultar ANEXO D – Catálogo de cilindros “Roehmeld”

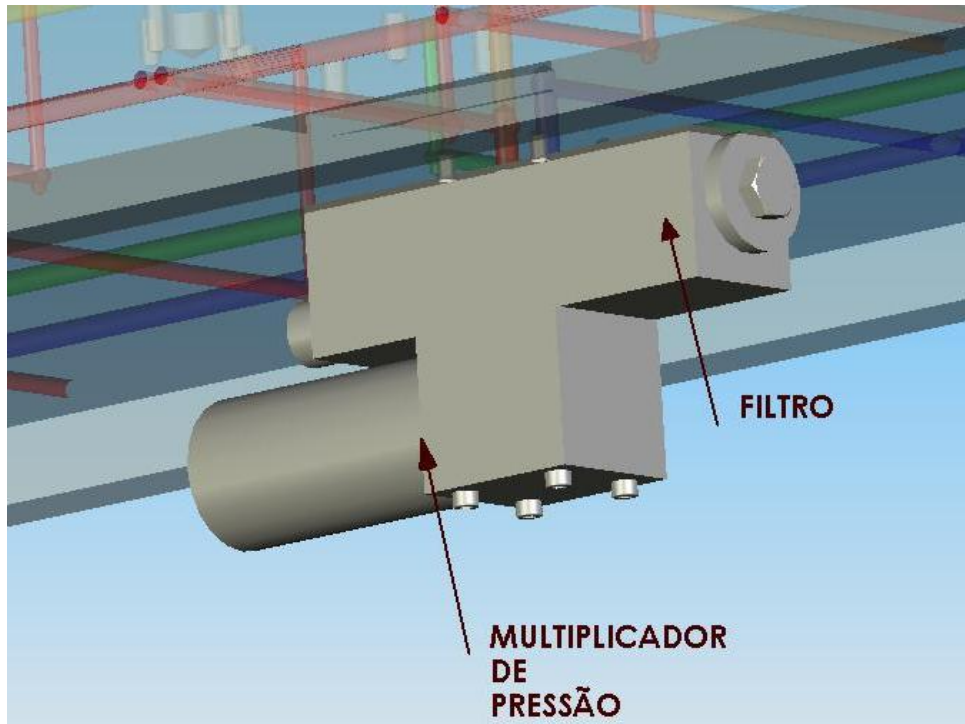


Fig. 17 - Pormenor do posicionamento do filtro e multiplicador de pressão

Estas duas peças serão aplicadas na parte inferior da mesa, sob o cilindro central, de modo a que o canal de saída da alta pressão do multiplicador e o canal alimentação do cilindro fiquem alinhados, por uma razão simplesmente de facilidade construtiva.

As duas peças (cilindro e filtro) estarão fixas à mesa através de dois parafusos de dimensão M5.

2.3. Suportes de Apoio e Posicionamento

Para posicionar e apoiar cada uma das peças a maquinar, teremos três apoios assim posicionados:

- Apoio do ponto de ligação ao braço de direcção
- Apoio do ponto de ligação ao amortecedor
- Apoio do ponto de fixação do “Ball-Joint”

Estes suportes são peças de revolução, com um diâmetro rectificado para seu posicionamento na mesa.

De seguida serão descritos com mais pormenor cada um dos apoios projectados e a razão para opção por algumas soluções.

2.3.1. Apoio do ponto de ligação ao braço de direcção

Apesar de existirem dois tipos de cilindro para aperto destes pontos nas diversas peças (cilindros extremos e cilindro central), a peça que servirá de apoio será igual para todas as peças.

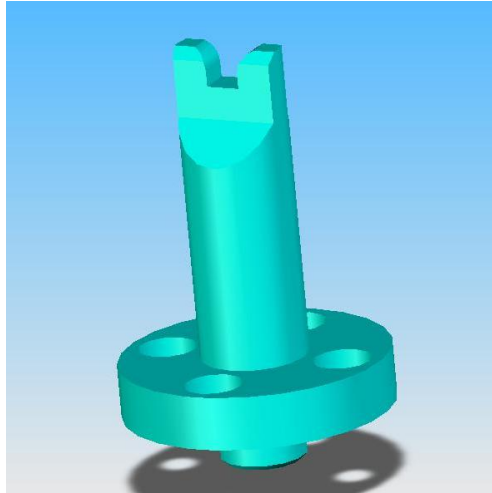


Fig. 18 - Apoio do ponto de ligação ao braço de direcção

Esta peça terá uma geometria idêntica à já descrita acima e que será usada na generalidade dos apoios. Terá no entanto uma particularidade no ponto de apoio propriamente dito. Este ponto, foi desenhado para que respeitasse a geometria exigida pelo fabricante da peça para o aperto neste ponto, representado na fig.7.

A condição exigida pelo “cliente” foi conseguida maquinando duas superfícies circulares, com um determinado raio e que a uma distância de 48 mm de um eixo definido, houvesse dois pontos que distassem entre si 7.66mm. Esta característica permite um apoio preciso e com garantia de repetibilidade na posição das peças naquele ponto em particular.

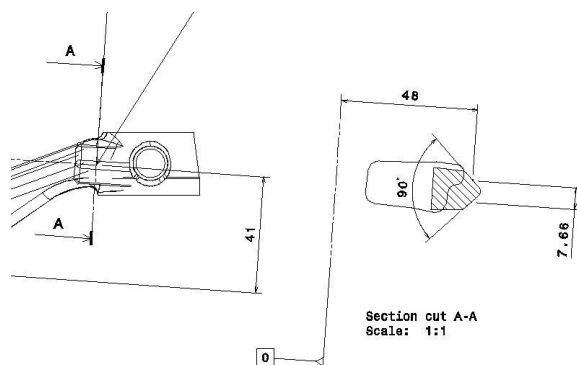


Fig. 19 - Pormenor do ponto de suporte da ligação ao braço de direcção

Neste ponto de aperto em particular houve necessidade que a peça de apoio tivesse uma certa orientação angular. A garantia desta orientação foi conseguida através da introdução de um pino metálico que ligasse a base à mesa, de modo que nos garantisse, que caso esta peça necessitasse de ser substituída ou por algum motivo retirada da mesa, aquando da sua recolocação ela seja montada exactamente na posição correcta.

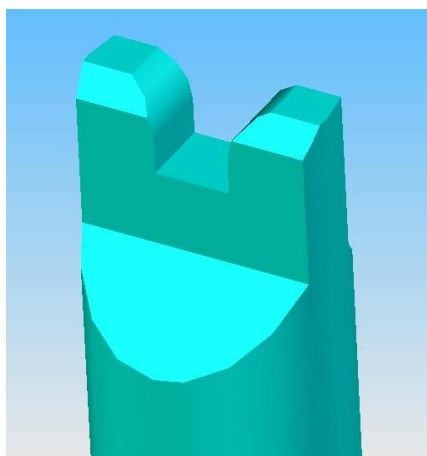


Fig. 20 - Pormenor do "rasgo" no ponto de apoio

A ligação de fixação à mesa será conseguida através de 4 parafusos de dimensão M6, distribuído pela base da peça de apoio.

2.3.2. Apoio do ponto de ligação ao amortecedor

Este apoio de corpo cilíndrico, serve para suportar a peça no ponto de ligação ao amortecedor. Por imposição do cliente, este é um dos apoios de centragem total das peças, pelo que teríamos que ter a certeza da exactidão e precisão de apoio da peça. Era exigido que a peça fosse apoiada, neste ponto, numa esfera de 12 mm de diâmetro, estando a peça já fabricada para esse efeito.

Para satisfazer a condição descrita atrás, surgiram duas possibilidades. A construção de um apoio com uma cabeça maquinada esférica de 12 mm ou por outro lado a implantação de uma esfera de rolamento com 12 mm de diâmetro no topo do apoio, onde fosse possível apoiar a peça.

Optou-se pela solução de construir um apoio, em tudo idêntico ao apoio do ponto de

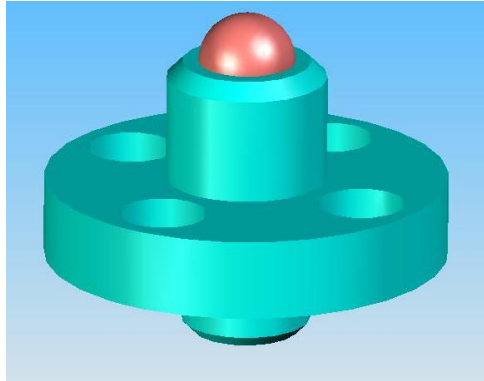


Fig. 21 - Apoio do ponto de ligação ao amortecedor

ligação ao braço de direcção com a diferença de na parte superior, não se encontrar uma parte maquinada mas sim uma esfera, fixa por um parafuso de dimensão M5 e que está colocado na face inferior do apoio e na direcção do eixo da peça.

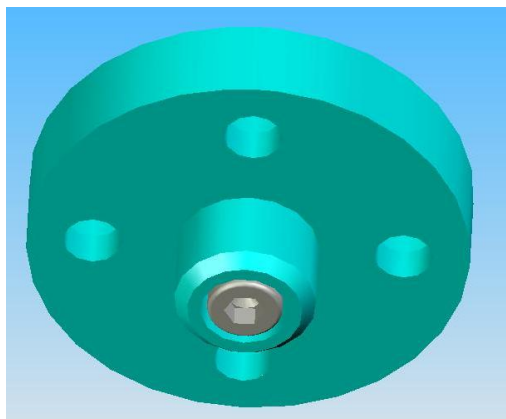


Fig. 22 - Pormenor do parafuso para aperto da esfera

Sendo esta peça uma peça de grande desgaste, esta solução de construção permite um posicionamento extremamente preciso, de acordo com a especificação do cliente, com um custo bastante reduzido, visto que, quando houver necessidade de substituição desta peça por desgaste da esfera de rolamento, apenas se substituirá a esfera e não todo o apoio, como aconteceria no caso de optarmos pela primeira opção descrita.

A esfera de rolamento, com elevada dureza (60-62 HRC) será furada e roscada por electro-erosão. Apesar de se encontrarem no mercado esferas de rolamento roscadas, usando o processo de electro-erosão conseguem-se resultados bastantes satisfatórios a nível de qualidade, bem como uma significativa redução do custo do material.

Este apoio estará fixo à mesa através de 4 parafusos de dimensão M5, distribuídos pela base.

2.3.3. Apoio do ponto de ligação ao "Ball-Joint"

O apoio no ponto de ligação ao "Ball-Joint" será feito através de uma peça em tudo idêntica à usada para o ponto de ligação ao amortecedor. A única diferença que existe é a dimensão do apoio, pois os pontos de apoio encontram-se a cotas diferentes, na posição de aperto. Este apoio, devendo apoiar a uma cota superior, será logicamente mais robusto.

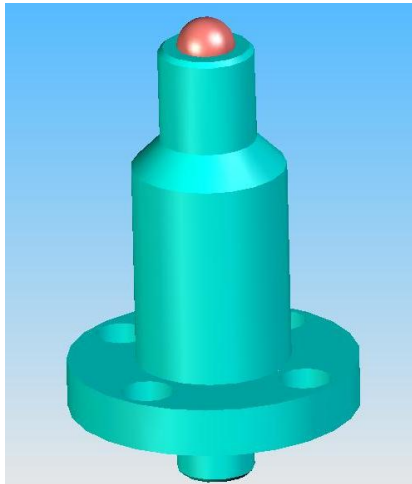


Fig. 23 - Apoio para a ligação ao "Ball-Joint"

A fixação à mesa será conseguida mais uma vez através de 4 parafusos de dimensão M5, tal como acontece com todos os outros apoios.

3. Peças Desenhadas

Os desenhos de conjunto do dispositivo projectado no âmbito deste trabalho podem ser encontrados no ANEXO A – Desenhos do dispositivo.

Aqui será apresentado o modelo 3D do dispositivo no seu conjunto, assim como os desenhos de cortes e vistas do conjunto. São ainda representados diversos pormenores que servirão para uma melhor compreensão do dispositivo realizado assim como das soluções atrás expostas.

4. Conclusão

No presente trabalho foi abordado um projecto com uma forte componente prática e intimamente ligado ao projecto de máquinas.

Foi desenvolvido um dispositivo baseado no estado da arte actual desta indústria, o que permitiu a aquisição e aplicação de conceitos muito particulares associados a este tipo de projectos e também aplicação de conhecimentos adquiridos durante o curso, nomeadamente na área de modelação 3D e óleo-hidráulica.

De forma a dar seguimento ao projecto agora realizado, seria interessante estudar e desenvolver um dispositivo de aperto para a 2ª FASE de maquinação das peças, processo sinteticamente escrito na secção 1.3 deste relatório.

ANEXOS

ANEXO A - Desenhos do dispositivo Hidráulico

ANEXO B - Catálogo e características técnicas do centro de maquinação

ANEXO C - Desenho do centro de maquinação

ANEXO D - Catálogo de cilindros “Roemheld”

ANEXO E - Catálogo de Ponteiros “Halder”

ANEXO F - Catálogo do multiplicador de pressão e filtro “MiniBooster”

ANEXO G - Esquema hidráulico do dispositivo