



Mestrado em Engenharia Mecânica

Equipamento para introdução de uma operação suplementar no fabrico de uma base de antena automóvel: Projeto e construção

Relatório de Estágio para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia
Mecânica

Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos

Autor

Marco António Queirós Rodrigues

Orientador

Pedro Miguel Soares Ferreira

Professor do Departamento de Engenharia Mecânica
Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

João Pedro Claudino Necho

MNID, Engenharia e Manutenção Industrial, Lda.

Coimbra, Abril, 2017

À minha família e amigos.

Agradecimentos

A realização deste relatório não seria possível sem a ajuda e suporte de certas pessoas, às quais estou para sempre grato.

A toda a minha família por todo o apoio, carinho, amizade e incentivo demonstrados ao longo deste percurso.

Aos meus amigos, acima de tudo pelo companheirismo e força transmitidos nas horas mais complicadas.

Ao meu orientador de estágio, Prof. Pedro Ferreira, por toda a disponibilidade e dedicação demonstradas.

Ao meu orientador dentro da empresa, Eng. João Necho, por todo o apoio e amizade transmitidas ao longo do último ano curricular.

Resumo

No âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica na especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos, do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, foi realizado um estágio na empresa MNID - Engenharia e Manutenção Industrial.

No decorrer do estágio houve necessidade em primeiro lugar de, aprofundar os conhecimentos obtidos durante a licenciatura e mestrado de entre os quais se destacam os trabalhos em modelação 3D (Solidworks®), medição das peças produzidas e ainda os processos necessários a ter em conta desde o projeto à conceção das peças. Para além disto, também foi necessário a aquisição de novos conhecimentos como por exemplo o uso de programas como o PHC, para gestão de processos dentro da empresa. Depois de consolidados os conhecimentos, o foco principal do trabalho foi, o desenvolvimento e construção de um equipamento para a realização de uma operação suplementar para a finalização do fabrico de uma base de antena automóvel.

Palavras-chave

Solidworks®, PHC, CNC, MNID, Departamento de projeto.

Abstract

Within Master's degree in mechanical engineering, specialization in Construction and Maintenance of Mechanical Equipment and Systems, of Superior Institute of Engineering of Coimbra, an internship was made in the company MNID - Engineering and Industrial Maintenance.

During the internship it was necessary in the first place, deepen the knowledges obtained during bachelor degree, including the work in 3D modeling (Solidworks®), measurement of produced parts and which processes production of a device are required take into account from the design phase to the manufacturing phase. In addition, it was also needed acquire new knowledge in process management programs (PHC). After consolidated the knowledge, the main focus of the work was the development and construction of an equipment to make a secondary operation to conclude an automobile antenna base.

Keywords:

Solidworks®, PHC, CNC, MNID, Design Department.

Índice

RESUMO	V
ABSTRACT	VII
ÍNDICE	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
CAPÍTULO 1 - ENQUADRAMENTO	1
1.1 - Introdução	1
1.2 - Objetivos e plano de trabalhos	2
1.3 - Organização do documento	3
CAPÍTULO 2 - A EMPRESA MNID	5
2.1 - Introdução	5
2.2 - A MNID	7
2.2.1 - Política de qualidade da MNID	8
2.2.2 - Colaboradores e Clientes	9
2.2.3 - Equipamentos	10
2.2.4 - Tipo de produtos e portefólio	12
2.2.5 - Objetivos da empresa para o futuro	14
CAPÍTULO 3 - O GABINETE DE PROJETO	17
3.1 - Introdução	17
3.2 - Solicitações trabalho	18
3.3 - Projeto e modelação 3D	20
3.3.1 - Principais dificuldades encontradas	20
3.3.2 - Soluções desenvolvidas	22
3.4 - Escolha dos materiais	28

3.5 - Introdução dos dados no PHC	29
3.6 - Processo de fabrico	36
3.6.1 - Tipo de material	37
3.6.2 - Geometria da peça	39
3.6.3 - Tipos de Ferramentas	40
3.6.4 - Apertos necessários	41
3.6.5 - Maquinagem da peça e códigos G	42
3.6.6 - Cotagem/Retificação	45
3.6.7 - Tratamentos químicos e térmicos	48
3.7 - Expedição	49
CAPÍTULO 4 - MONTAGEM, AJUSTES E QUANTIFICAÇÃO	51
4.1 - Introdução	51
4.2 - Montagem	52
4.3 - Retificações e ajustes necessários	55
4.4 - Quantificação de lucros	57
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES	59
BIBLIOGRAFIA	61
ANEXO	63

Índice de figuras

Figura 2.1 - Organograma da MNID.	9
Figura 2.2 - Serrote Optimum (à esquerda), serrote Belflex (à direita) (a) e corte por plasma (b).	10
Figura 2.3 - Torno CNC Hyundai (a) e fresadora CNC Quaser - Fanuc series (b).	10
Figura 2.4 - Retificadora plana Kent (a) e granalhadora (b).	11
Figura 2.5 - Máquina de soldadura MIG/MAG (a) e máquina de soldadura TIG (b).	11
Figura 2.6 - Equipamentos de medição que MNID dispõe para realização das operações de medição: Paquímetro (a), micrómetro de exteriores (b), coluna de medição (c) e rugosímetro (d).	12
Figura 2.7 - Exemplos de peças produzidas pela MNID no torno CNC (a) e no centro de maquinagem CNC (b).	13
Figura 2.8 - Peças de produção combinada (torno CNC e centro de maquinagem CNC).	13
Figura 2.9 - Projeto de máquina para colar componentes através de aplicação de carga produzida pela MNID (a) e projeto de serralharia de uma máquina de lavar peças também produzida pela MIND (b).	14
Figura 3.1 - Base da antena da marca Audi.	19
Figura 3.2 - Vista de inferior (a) e vista lateral (b) da base Audi com pinos de encaixe evidenciados.	21
Figura 3.3 - Vista superior da Antena Audi.	22
Figura 3.4 - Espaçamento nas lâminas de corte segundo o projeto.	24
Figura 3.5 - Pontos escolhidos para colocação de vácuo (a) e de colocação das cavilhas (b).	25
Figura 3.6 - Ninho com posição do sistema de vácuo.	25
Figura 3.7 - Visualização das proteções que serão colocadas no equipamento para proteção dos operadores.	26
Figura 3.8 - Mecanismo para remoção da peça da máquina.	26
Figura 3.9 – Visualização do ninho desenvolvido com a base da antena colocada.	27
Figura 3.10 - Perspetiva 3D do equipamento projetado sem as proteções.	28

Figura 3.11 - Layout do Software PHC para gestão de projetos.	30
Figura 3.12 - Introdução de novo projeto.	31
Figura 3.13 - Introdução dos dados do projeto.	32
Figura 3.14 - Peça exemplo para explicação do procedimento para criação das ordens de trabalho.	32
Figura 3.15 - Introdução da ordem de fabrico.	33
Figura 3.16 - Introdução de tratamentos e ficheiros associados.	33
Figura 3.17 - Introdução dos equipamentos para produção da peça.	34
Figura 3.18 - Associação do respetivo Excel.	34
Figura 3.19 - Excel de controlo dimensional da peça.	35
Figura 3.20 - Ordens de fabrico do projeto completo.	35
Figura 3.21 - Controlo de produção do projeto completo.	36
Figura 3.22 - Parâmetros de corte para as brocas em função dos diversos materiais a serem processados (Lopes, 2011)	38
Figura 3.23 - Velocidade de avanço em mm/rpm para desbaste e acabamento para diversos materiais (Silva, 2014)	39
Figura 3.24 - Peça exemplo do projeto.	40
Figura 3.25 - Exemplo de sistemas de infravermelhos para medição de zero-peça e de comprimento das ferramentas (Haas, 2016).	43
Figura 3.26 - Exemplo de um porta ferramentas do tipo weldon (Haas, 2016).	43
Figura 3.27 - Parte do código CNC para a peça exemplo.	44
Figura 3.28 - Tolerância segundo a ISO 2768-m (ISO, 2001)	46
Figura 3.29 - Tabela do IT, para tolerâncias específicas (Morais, 2006).	46
Figura 3.30 - Tabela para o desvio superior em veios (Morais, 2006).	47
Figura 4.1 - Caso de estudo em final de produção.	52
Figura 4.2 - Pormenor do distanciamento entre lâminas de corte e posicionamento das placas de acrílico para proteção.	53
Figura 4.3 - Vista superior do caso de estudo onde é possível identificar a entrada do sistema de vácuo e os mecanismos de regulação dos vários elementos.	54
Figura 4.4 - Erro 1: Furação da fixação do cilindro inferior.	55
Figura 4.5 - Erro 2: localização da furação das fixações de suporte do cilindro.	56

Índice de tabelas

Tabela 1.1 - Cronograma do estágio.	3
Tabela 3.1 - Material necessário para o equipamento.	23

Capítulo 1

Enquadramento

1.1 - Introdução

A indústria metalomecânica em Portugal é um sector industrial onde as exigências têm vindo a aumentar, quer seja em termos de redução dos tempos de produção, quer seja na procura de mão-de-obra cada vez mais especializada ou até mesmo pela deslocalização dos clientes nacionais ou multinacionais de uma qualquer empresa portuguesa (pertencente ao setor dos fabricantes de equipamento e/ou componentes para a indústria automóvel, etc.), num contexto de globalização e internacionalização generalizadas.

Somente uma empresa que seja capaz de se adaptar a este novo paradigma do mercado nacional e internacional, é capaz de sobreviver num mercado cada vez mais exigente, onde as empresas são cada vez mais pressionadas para prestar serviços de manutenção técnica e assistência pós-venda num período máximo de 24 horas (o que pode envolver mão-de-obra especializada e materiais específicos), onde a qualidade exigida pelos clientes não pode ser afetada. A questão da deslocalização dos seus clientes, também é algo importante que as empresas têm de analisar uma vez que, com essa deslocalização, torna-se impreterível minimizar

o acréscimo de custos que podem ser originados pelo aumento da distância geográfica. O Engenheiro pode circunscrever quais os modos mais eficientes para utilizar os fatores básicos de produção (pessoas, máquinas, materiais, informações e energia) para fornecer um serviço ou fabricar um produto. Eles são o elo entre as metas propostas pela administração e o desempenho operacional e buscam a todo momento aumentar a produtividade através da gestão de pessoas, métodos, organização de tecnologias e processos de negócios. Para elucidar problemas de produção e organizacionais, os engenheiros estudam os produtos e suas demandas. Desenvolvem sistemas para auxiliar no controle de custos e gestão financeira, além de projetar equipamentos ou sistemas de controlo da produção. Também é função deste profissional aperfeiçoar os sistemas de distribuição de bens e serviços, determinar em qual local de uma fábrica há a melhor combinação de disponibilidade de matérias-primas, infraestrutura de transporte e custos (Parreiras, 2016).

O trabalho que de seguida se apresenta, refere as principais atividades que foram desenvolvidas durante o estágio curricular do mestrado em Engenharia Mecânica, na especialização em construção e manutenção de equipamentos mecânicos que decorreu na empresa durante o mês de novembro de 2015 e junho de 2016, onde o desenvolvimento de sistemas secundários permitiu à empresa em primeiro lugar, libertar as máquinas do processo produtivo principal para outros processos, em segundo lugar libertar os operadores para outras funções e por último reduzir os tempos de produção, aumentando desta forma, a rentabilidade do produto.

1.2 - Objetivos e plano de trabalhos

Como foi referido anteriormente, o foco principal do trabalho de estágio foi o desenvolvimento e construção de um equipamento para a realização de uma operação suplementar para a finalização do fabrico de uma base de antena automóvel. Com este trabalho foram definidos dois objetivos principais:

- Em primeiro lugar, e o mais importante, era demonstrar os ganhos que a empresa poderia obter, em investir no equipamento para

realizar as operações suplementares de finalização da base de antena;

- Em segundo lugar e o menos importante, demonstrar os processos envolvidos para a realização do referido equipamento;

Para concretizar esses objetivos, houve necessidade de elaborar um plano de trabalhos, onde se dissecou o trabalho por fases temporais. Sendo assim, o cronograma apresentado na Tabela 1.1 concede uma visão geral da distribuição das diferentes fases ao longo de todo o período de estágio.

Tabela 1.1 - Cronograma do estágio.

	Nov. 15	Dez. 15	Jan. 16	Fev. 16	Mar. 16	Abr. 16	Mai. 16	Jun. 16
Fase 1	■							
Fase 2			■					
Fase 3				■				
Fase 4							■	

Analisando a tabela anterior, é possível verificar que o estágio foi dividido em 4 fases. A primeira fase compreendida entre Novembro de 2015 e Janeiro de 2016 e foi a fase inicial do estágio dedicada ao acolhimento pela empresa, aprofundamento e aquisição de conhecimentos e métodos de trabalho importantes para a realização do projeto. Terminada a fase anterior, procedeu-se à realização de pesquisas para recolha de toda a informação necessária para a realização do equipamento. Na terceira fase, decorreu o desenvolvimento do projeto proposto pela empresa desde a sua fase inicial até à sua construção. Por último, a quarta fase, foi a parte do estágio onde se procedeu à realização do respetivo relatório.

1.3 - Organização do documento

Relativamente à estrutura do trabalho, este encontra-se dividido em cinco capítulos. No capítulo I, enumeram-se os objetivos propostos e resume-se a estrutura do

trabalho. Seguidamente, no capítulo II apresenta-se a empresa onde foi realizado o estágio destacando-se as principais políticas de qualidade da empresa, os seus principais clientes, os seus principais equipamentos e produtos realizados bem como quais são as metas que a empresa pretende atingir a médio/longo prazo.

O desenvolvimento do projeto proposto desde a fase de entrada na empresa até à produção das peças necessárias à sua construção, dando-se ênfase a todos os cuidados e detalhes a ter em conta nos diversos passos, apresentados é apresentado no capítulo III.

Depois de executadas todas as peças, dá-se início à montagem do projeto procedendo-se a possíveis retificações de erros de projeto e quantificação de ganhos com o processo desenvolvido, conforme se pode visualizar no capítulo IV.

Finalmente, no capítulo V, descrevem-se as conclusões do trabalho apresentado.

Capítulo 2

A Empresa MNID

2.1 - Introdução

O sector da Metalurgia e Metalomecânica é um dos principais sectores de atividade da economia portuguesa. De acordo com o presidente da AIMMAP¹, a sua importância deve-se ao facto de ser um sector que cria emprego, gera investimento e contribui com parte fundamental das exportações portuguesas. Em 2011, este sector, que exporta mais de 40 por cento da sua produção, foi diretamente responsável por cerca de um terço das exportações da indústria transformadora, no valor global de mais de 12 mil milhões de euros. Caracteriza-se ainda pela grande diversidade de esferas produtivas que abarca e, naturalmente, pela multiplicidade de bens produzidos que compreende, desde bens intermédios e acabados destinados a atividades industriais incluídas no sector e fora dele, até um

¹ Associação dos Industriais Metalúrgicos Metalomecânicos e Afins de Portugal.

conjunto diverso de bens destinado ao mercado de bens de consumo (Soares, 2014).

Segundo o Banco de Portugal, em 2013 a indústria metalomecânica representava cerca de um quarto do número de empresas, do volume de negócios e do número de pessoas ao serviço das indústrias transformadoras. Este setor detinha cerca de 2% do número total de empresas e 6%, quer do volume de negócios, quer do número de pessoas ao serviço. Em termos médios, e segundo os dados do Banco de Portugal, as empresas da indústria metalomecânica geraram 2.6 vezes mais volume de negócios que qualquer outro ramo de negócio, tendo 2.5 vezes mais pessoas ao serviço do que a empresa média em Portugal (Portugal, 2015).

Outro dado que importa referir prende-se com o tipo de empresa que normalmente está associada a este tipo de setor de negócio, sendo este maioritariamente constituído por microempresas (73%). No entanto, as grandes empresas representativas de apenas 1% do total das microempresas, foram responsáveis por 53% do volume de negócios do setor em 2013. No que respeita às atividades que integram as indústrias metalomecânicas, os “Produtos metálicos e elétricos” assumem maior relevância em todos os indicadores, representando 90% das empresas, 72% do número de pessoas ao serviço e 53% volume de negócios do setor. Contudo, as empresas das atividades Metalúrgicas de base e “Equipamentos de transporte” têm um volume de negócios médio e um número médio de pessoas ao serviço superiores ao das empresas das atividades “Produtos metálicos e elétricos” (Portugal, 2015).

Também o setor da manutenção industrial e a criação de novas máquinas é um dos muitos pontos importantes no mundo empresarial e está inserida nas atividades da “Metalúrgicas de base”. Este ramo de atividade tem vindo a crescer em Portugal e apresenta cada vez mais uma aposta ganha na diversificação do referido setor. Por outro lado, quando surgem novas necessidades, novos clientes ou novos requisitos por parte dos mesmos, existe a necessidade de as empresas ou adaptarem ou criarem novas máquinas que atinjam essas metas. É aí que a indústria Metalomecânica deve atuar.

2.2 - A MNID

A Empresa *MNID - Engenharia e Manutenção Industrial*, foi criada em meados de 2008 como prestadora de serviços de manutenção, uma vez que, as indústrias nos dias de hoje recorrem a empresas exteriores para efetuar a manutenção dos seus equipamentos. Devido ao tipo de serviço que era prestado (manutenção, pequenos arranjos e até troca de pequenas peças), a necessidade de pessoal qualificado era diminuto. Desta forma quando a empresa foi criada apenas possuía pessoal ligado à manutenção.

Com o passar dos anos a MNID ficou cada vez mais qualificada (através da qualificação dos seus trabalhadores) para servir as necessidades do mundo empresarial atual, sendo por isso hoje uma empresa capaz de prestar serviços tais como:

- Desenvolvimento de produto;
- Serralharia mecânica (maquinagem de peças novas ou adaptação de peças já existentes);
- Manutenção Industrial.

Importa referir que, quando anteriormente se fala que a empresa presta serviços de desenvolvimento de produtos, este desenvolvimento deve ser entendido em duas vertentes. Por um lado, a empresa pode executar todo o desenvolvimento do produto desde a fase de projeto até à construção do protótipo, tendo sempre em mente a otimização do trabalho, reduzindo custos e tempos de produção. Por outro lado, a empresa é capaz de avaliar e otimizar a produção de um determinado produto, já fabricado, com vista à redução de custos produtivos ou até minimização dos tempos de produção.

Desta forma, a empresa que inicialmente prestava serviços simples de manutenção mecânica, passou a apresentar um leque de serviços multifacetados que permite fazer frente à concorrência direta de outras empresas.

2.2.1 - Política de qualidade da MNID

A política de qualidade da MNID é, ser vista como uma empresa de referência no mercado das metalomecânicas nacionais e tentar estar sempre um passo a frente da sua concorrência direta, garantindo para isso a entrega de todos os produtos e serviços sendo estes efetuados de forma eficiente e no melhor prazo possível. Para este objetivo a empresa segue uma política de aperfeiçoamento constante do seu *know-how* permitindo assim, reduzir custos e tempos de produção e desta forma fornecer aos seus clientes os melhores preços de mercado. O aperfeiçoamento permanente da sua política de qualidade assenta na constante aprendizagem e melhoramento das suas técnicas de trabalho, de forma a, reduzir custos de produção para o cliente (uma vez que se torna mais eficiente), tanto na qualidade como em tempo de entrega. Para garantir isso, a empresa procura as causas do problema, ou seja, o que causa atrasos na produção ou qual o defeito de projeto que ocorreu na peça, para que a mesma não tivesse a durabilidade esperada. Assim, ao localizar os seus próprios erros consegue arranjar forma de não os repetir, poupando dessa forma material e tempo.

Para além disto, os objetivos que estão sempre em mente desta empresa são:

- Manter colaboradores da empresa informados acerca da sua política de qualidade;
- Ter os seus colaboradores o mais atualizados possível acerca das técnicas modernas de trabalho, para que estes correspondam às exigências do mundo industrial de hoje em dia (política de formação continuada);
- Ter a plena confiança dos seus clientes;
- Satisfazer os pedidos dos clientes por completo, tendo para isso um método documentado de satisfação do cliente.

Para se conseguir realizar estes objetivos, a MNID encontra-se certificada por um Sistema de Qualidade, neste caso, a NP EN ISO 9001 (Conceção, desenvolvimento e fabrico de componentes para equipamentos e máquinas industriais. Prestação de serviços de maquinagem-Certificação fornecida pela TÜV Rheinland Portugal).

2.2.2 - Colaboradores e Clientes

A MNID, apesar de ser uma PME, conta com o pessoal mais qualificado para a execução das tarefas empresariais. De uma forma resumida, a MNID conta com um responsável pelo departamento administrativo/financeiro, um responsável pelo departamento técnico/comercial, um responsável pelo departamento de projetos, quatro operadores de máquinas e um serralheiro. Na Figura 2.1, apresenta-se o organograma atual da empresa.



Figura 2.1 - Organograma da MNID.

Os funcionários acima referidos, encontram-se altamente qualificados para as suas tarefas, sendo que encontram-se em constantes formações para aprenderem novos conhecimentos sobre novas técnicas de mercado ou outros assuntos relacionados com a sua área de trabalho dentro da empresa.

Relativamente aos clientes, atualmente a MNID conta com um vasto leque de carteira de clientes sendo que, alguns deles são bastante conhecidos pelo público em geral e fazem com que a MNID seja uma referência no mercado não só a nível nacional mas também a nível internacional. Assim, encontram-se clientes como:

- Kathrein Automotive (fabricante de antenas para o sector automóvel);
- Renault CACIA (construtor automóvel);
- Coindu (construtor de componentes para o sector automóvel);
- Bosch (fabricante mundial e especializado em acessórios auto);

- Louis Vuitton (fabricante de vestuário e joalheria);
- Lankhorst Euronete Portugal (fabricante de peças para a área de engenharia), etc.

2.2.3 - Equipamentos

Para ser uma empresa de referência, os equipamentos são algo que não podem ser esquecidos. Sendo assim, a empresa tenta possuir os melhores equipamentos do mercado, de forma a fazer face às necessidades apresentadas pelo mercado de trabalho. Nas figuras seguintes, apresentam-se os equipamentos mais importantes que a MNID dispõe.



a)



b)

Figura 2.2 - Serrote Optimum (à esquerda), serrote Belflex (à direita) (a) e corte por plasma (b).



a)



b)

Figura 2.3 - Torno CNC Hyundai (a) e fresadora CNC Quaser - Fanuc series (b).



Figura 2.4 - Retificadora plana Kent (a) e granalhadora (b).

Muitas vezes em termos de processo produtivo é necessário proceder à união das peças e para isso recorre-se a processos de ligação amovíveis (parafusos ou rebites) ou inamovíveis (soldadura). Na Figura 2.5, apresenta-se os diferentes equipamentos que a empresa dispõe para proceder à união das peças por processos inamovíveis.



Figura 2.5 - Máquina de soldadura MIG/MAG (a) e máquina de soldadura TIG (b).

Para além destes equipamentos anteriormente referidos, a empresa encontra-se preparada para proceder a medição das peças após a sua produção (Figura 2.6), ou seja, depois da produção das peças é necessário medi-las para garantir que se encontram dentro das tolerâncias² aceitáveis pedidas pelo cliente. Após a medição,

² Tolerâncias nas medições e normas em vigor irão ser revistas mais à frente.

é necessário proceder ao registo dessas mesmas medições de forma a manter um controlo das peças.



a)



b)



c)



d)

Figura 2.6 - Equipamentos de medição que MNID dispõe para realização das operações de medição: Paquímetro (a), micrômetro de exteriores (b), coluna de medição (c) e rugosímetro (d).

2.2.4 - Tipo de produtos e portefólio

Os produtos realizados maioritariamente na MNID, são peças específicas para a indústria pertencente ao setor dos fabricantes de equipamento e/ou componentes para a indústria automóvel. Podemos dividir a produção em peças cilíndricas ou redondas e peças planas. Quanto às peças cilíndricas ou redondas, estas são produzidas maioritariamente no torno (equipamento preparado para trabalhar peças de revolução), sendo que as peças de índole plana são produzidas nos centros de maquiagem CNC, sendo este tipo de peças a maioria do volume de negócios e produção da empresa.

Na Figura 2.7, apresentam-se exemplos concretos de peças produzidas na MIND em torno e de peças produzidas nos centros de maquinagem CNC.



Figura 2.7 - Exemplos de peças produzidas pela MNID no torno CNC (a) e no centro de maquinagem CNC (b).

No entanto, a grande maioria das vezes é necessário recorrer a uma construção híbrida de uma determinada peça, ou seja, no caso da peça apresentada na Figura 2.8, cuja geometria implicou tanto o uso de torno, como do centro de maquinagem para se obter a geometria final. Estes tipos de peças, apresentam essa necessidade específica primeiramente devido à virtude da sua geometria e pela necessidade de ser necessário garantir as cotas dimensionais e as respetivas tolerâncias de fabrico.



Figura 2.8 - Peças de produção combinada (torno CNC e centro de maquinagem CNC).

Por outro lado, como já foi referido anteriormente, a empresa não se restringe apenas a trabalhos de peças únicas fazendo também, projetos de máquinas e ferramentas que vão ao encontro das necessidades do cliente. Estes projetos podem não implicar somente a entrada de peças para as máquinas de controlo computadorizado, envolvendo muitas das vezes a necessidade de trabalho de serralharia. Na Figura 2.9, apresentam-se dois exemplos de equipamentos desenvolvidos pela MNID, onde é possível verificar essa distinção. Na Figura 2.9 a) o equipamento para além da necessidade de algumas peças serem produzidas nas máquinas de controlo computadorizado, existe também a necessidade de se proceder a trabalhos de serralharia (corpo exterior do equipamento). O equipamento apresentado na Figura 2.9 b) só tem necessidade de trabalhos de serralharia.

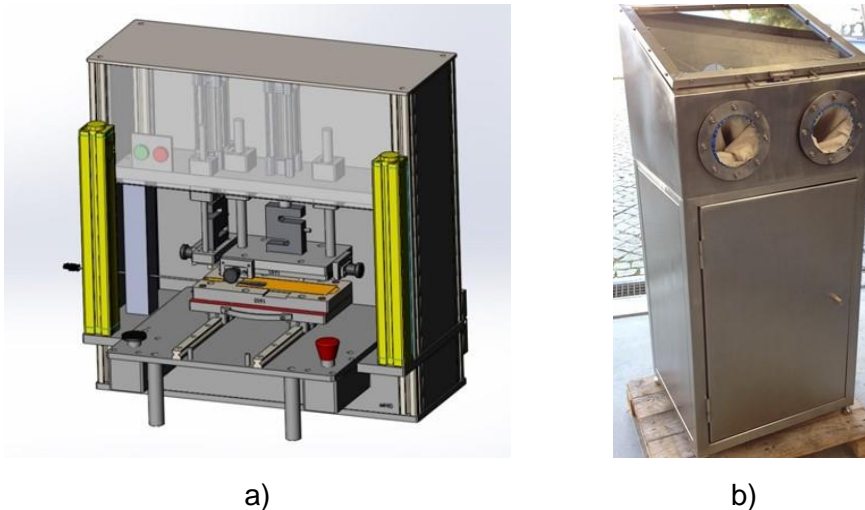


Figura 2.9 - Projeto de máquina para colar componentes através de aplicação de carga produzida pela MNID (a) e projeto de serralharia de uma máquina de lavar peças também produzida pela MIND (b).

2.2.5 - Objetivos da empresa para o futuro

Quando se fala em futuro, a MNID como todas as outras empresas que se querem destacar no mercado de trabalho, tem os seus próprios objetivos/metastas que se propõe a atingir a médio/longo prazo. Primeiramente, esta tem como meta diária a de se tentar destacar de todos os seus concorrentes diretos, quer pela qualidade de serviços, quer pela quantidade de recursos disponíveis para a execução de

tarefas. A médio/longo prazo, a MNID delineou que um dos primeiros e principais objetivos passa pela aquisição de novos equipamentos que permitam à produção uma maior produtividade, eficiência e qualidade de trabalho (por qualidade de trabalho entende-se a qualidade dos acabamentos produzidos pela empresa). Assim, os equipamentos que a empresa planeia adquirir a médio/longo prazo são:

- Uma retificadora cilíndrica, que permitirá fazer retificações de peças saídas do torno ou que tenham a necessidade de operações de tratamentos térmicos. É sabido que os tratamentos térmicos induzem alterações dimensionais nas peças e o uso do torno seja muitas das vezes impossível de usar para estes trabalhos devido a dimensão da peça;
- Um centro de maquinagem CNC a 5-eixos, isto é, um equipamento que permite a produção de peças, sem que seja necessário ter vários apertos para a sua produção. Com isto, é possível aumentar a produtividade uma vez que reduz o tempo de troca de aperto da peça (fator de atraso nas máquinas CNC a 3 eixos, atualmente usadas na empresa);
- Uma máquina de electro erosão por fio, sendo que com isto consegue-se um alargamento da produção para um sector bastante específico do mercado. Importa referir que este tipo de tecnologia usa uma ferramenta que não se desgasta (não existe contato com a peça uma vez que o corte se faz por descarga elétrica entre um fio condutor da corrente elétrica e a peça no meio de um fluido dielétrico) e que apresenta um preço bastante mais baixo quando comparada com outras tecnologias de corte por arranque de apra (centro de maquinagem CNC 5-eixos).

Outro dos objetivos da empresa é deixar de depender de empresas externas para a realização de tratamentos químicos em peças. Muitas das vezes, o serviço prestado é de má qualidade, fazendo com que isso choque com a política de qualidade da empresa e fazendo elevar os custos de produção em virtude de se repetir novamente todo o processo produtivo. Assim, a MNID a médio/longo prazo pretende adquirir uma linha de anodização e linha de niquelagem, tornando-se dessa forma independente na realização destes tratamentos por terceiros, uma vez que estes tipos de tratamentos químicos são cada vez mais requeridos pelos seus clientes.

Por último, o planeamento da empresa a longo prazo passa pela criação de uma empresa irmã ligada à área da climatização (desenvolvimento de equipamentos de refrigeração/aquecimento).

Capítulo 3

O Gabinete de Projeto

3.1 - Introdução

Hoje em dia, todas as empresas têm na sua estrutura um departamento de projeto e a MNID não é exceção. Este departamento pode assumir diferentes papéis consoante o objetivo para o qual está direcionado. Ou seja, é um conceito único para diversos significados, podendo tomar este departamento o papel de, realização de estudos para melhoria de produto, desenvolvimento de novo produto, etc.

No caso da MNID, este assume todos estes papéis acima referidos bem como, função de controlo da qualidade de produto devido à empresa ainda não possuir um departamento de qualidade definido. Desta forma, no seio da empresa este departamento é fundamental para o trabalho diário bem como para o desenvolvimento atual/futuro da empresa, uma vez que todas as peças/projetos requeridos à empresa passam por este departamento mal entram nesta, e antes de

saírem para o tratamento/cliente, sendo por isso um sector vital no bom funcionamento da mesma.

3.2 - Solicitações trabalho

Numa empresa direcionada para maquinagem de peças e/ou manutenção mecânica, é necessário haver uma encomenda pelo utilizador final, ou seja, o cliente. Estas encomendas, na sua generalidade, assentam nas seguintes formas:

- Pedidos de peças únicas (são geralmente peças que tenham muito desgaste no seu dia-a-dia e que as empresas têm necessidade de ter algum *stock*);
- Pedidos de fabrico de máquinas completas, isto é, construir uma máquina de raiz a partir de um projeto realizado pelo cliente onde a empresa tem a tarefa de fazer as peças que constam no projeto fornecido, bem como a montagem final deste;
- Projeto de peças/máquinas completas/adaptação de máquinas já construídas (é quando o cliente pede para projetar um mecanismo que desempenhe determinadas funções com certas especificações ou, para o segundo caso, seja necessário adaptar a máquina que o cliente já possui para novas condições de funcionamento).

Assim, consoante o pedido que for feito à MNID, este departamento tem a função de dar os primeiros passos para a encomenda ser fabricada com sucesso e o mais rapidamente possível. Desta forma, mal o pedido de execução da obra entra na empresa é avaliada a sua viabilidade, isto é, se pode ou não ser feito nas condições disponíveis na empresa ou através de empresas externas. Em consequência, é dado o orçamento ao cliente que valida ou não a execução da obra. Sendo validado pelo cliente, os projetos entram neste departamento. Nesta fase o que se faz é, pegar nos ficheiros enviados para a realização do projeto e comparar 2D e 3D (caso não existam é necessária a sua realização uma vez que são importantes para a programação/produção das peças) de forma a garantir com 100% certezas que as peças se encontram dentro dos requisitos pedidos pelo cliente.

No caso de serem peças/máquinas projetadas de raiz, antes de se produzir algo, existem reuniões entre este departamento e o cliente, de forma a se entender quais as especificações requeridas. Consoante a sua viabilidade e validação, este departamento é encarregue de desenhar toda (s) a (s) peça (s) e/ou mecanismos (no caso de ser uma máquina) necessários para que as condições do cliente sejam contempladas. Neste caso, também são necessárias reuniões entre os departamentos da empresa de modo a ver a forma mais viável da empresa construir o que é solicitado.

Sendo estes os primeiros passos de um projeto dentro da empresa, surgiu a ideia internamente, de construir uma máquina de retrabalho de bases para antenas Audi (Figura 3.1).

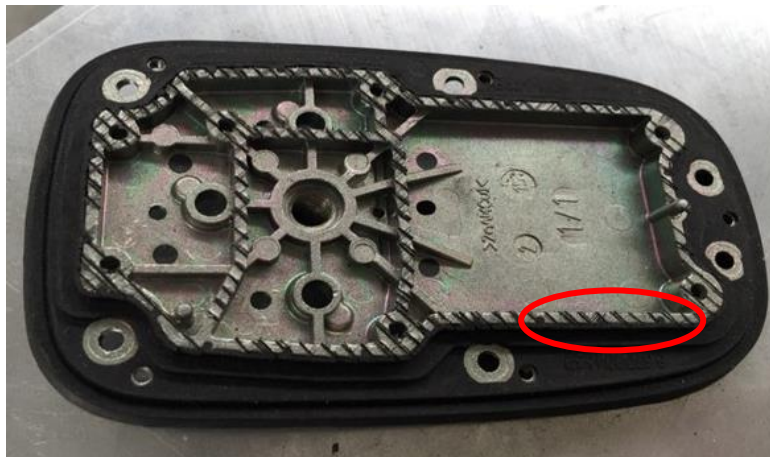


Figura 3.1 - Base da antena da marca Audi.

Esta ideia surgiu a partir de um trabalho para o qual, a MNID foi contratada. Este consistia no retrabalho destas bases cujo objetivo era aplicar-lhe uns cortes na sua parte metálica de forma a aumentar a sua condutividade (cortes visíveis na Fig. 3.1). Antes de este mecanismo ser idealizado, este trabalho era executado por um dos centros de maquinagem presentes na empresa.

Os objetivos principais para a tentativa de construção desta ferramenta eram, resumidamente, o aumento da produtividade da empresa nesta tarefa e libertar o centro para outras peças mais urgentes que se apresentassem. Com isto, a empresa conseguia aumentar a sua produtividade geral, uma vez que era possível terminar outros projetos pendentes bem como fazer as bases ao mesmo tempo.

3.3 - Projeto e modelação 3D

Após o pedido do departamento ser apresentado, devido aos motivos acima referidos, houve várias reuniões entre os responsáveis dos vários departamentos presentes na empresa, essencialmente entre o departamento técnico e o departamento de projeto de forma a definir como as coisas poderiam ser feitas da melhor forma possível para todos, ou seja, era de interesse mútuo que fosse essencialmente uma ferramenta com mecanismos intuitivos, que não ocupasse muito tempo a fazer nem fosse demasiado complexa e/ou dispendiosa para a empresa.

Desta forma, o departamento de projeto, com base nas ideias iniciais sugeridas, começou a delinear uma forma simples de funcionamento para o mecanismo. Assim, chegou-se a conclusão que o mais fácil, rápido e barato de se fazer no momento era, usar um motor elétrico para fazer rodar lâminas que poderiam cortar com precisão as bases. Ao contrário do que se passava no centro, a ferramenta de corte mexia-se ao longo da base da antena, a melhor solução era mover a base fazendo-a passar por lâminas já reguladas à altura pretendida. Para se fazer as bases deslocarem-se por baixo das lâminas, foi pensado num cilindro de duplo efeito preso a um ninho³ onde a base encaixasse perfeitamente.

Com os rascunhos efetuados e idealizados, partiu-se do papel para o formato digital, isto é, passou-se do 2D para o 3D. Sendo assim, com auxílio do *Solidworks*[®], desenharam-se as peças necessárias para a execução do projeto.

3.3.1 - Principais dificuldades encontradas

No decorrer do projeto, as principais dificuldades que se apresentaram à equipa foram:

- Evitar custos demasiado elevados para a empresa;

³ Ninho ou ninho da peça é onde a peça é colocada para se fazer o retrabalho, diz se ninho porque é feito com as características da peça em questão.

- Evitar danificar a base no retrabalho, uma vez que esta possui alguns pinos de encaixe que convém não danificar durante o processo (Figura 3.2);
- Estabilizar a peça no ninho durante o retrabalho, pois se a peça ficar instável durante a passagem das lâminas, pode resultar no trabalho imperfeito e/ou danificação definitiva da peça;
- Problemas em relação à segurança do operador da máquina, isto é, como existem peças em movimento, de entre as quais lâminas de corte, é necessário garantir a proteção do utilizador;
- Problemas relativos à saída da peça. Como este sistema tem de ser o mais rápido e eficaz possível, era conveniente um sistema de remoção da peça, sem ser necessário o utilizador tocar na mesma;
- Com a criação dos cortes é formada alguma aparas, que é necessário remover;
- Alguma estratégia que facilite ao utilizador o fácil acesso na colocação/recolocação da peça, para que o operador não perca muito tempo neste processo;



Figura 3.2 - Vista de inferior (a) e vista lateral (b) da base Audi com pinos de encaixe evidenciados.

Analisando a Figura 3.2, é possível verificar que a peça não é perfeitamente plana, uma vez que, possui um pino na parte de baixo que permite a posterior colocação no carro (Figura 3.3). Por outro lado, na Figura 3.3, denota-se a existência de um rebordo de borracha que permite a estanquidade da antena quando esta estiver em uso. Esta situação apresenta-se como uma dificuldade devido à forma como se tem

que fazer o ninho, uma vez que é preciso diminuir os efeitos destas propriedades na linearidade da peça, para que esta se encontre o mais plano e estável possível na hora do retrabalho.



Figura 3.3 - Vista superior da Antena Audi.

3.3.2 - Soluções desenvolvidas

Para os problemas acima apresentados, as diversas soluções encontradas que permitiram a viabilidade do projeto foram, usar materiais que a empresa já tivesse em *stock*, encomendando só o estritamente necessário (lâminas de corte, conjunto patim/calha, etc.). É de notar que, na utilização do material, foi igualmente considerada a resistência de este face ao uso que a peça ia ter, ou seja, não foi posta em causa a durabilidade dos materiais apenas por causa do custo;

Na Tabela 3.1, vemos os materiais que a empresa não tinha capacidade de produzir e por isso teriam que ser compradas a fornecedores externos. É importante referir que, as peças que já haviam em *stock*, não foi necessário a sua compra, como se pode ver na tabela.

Tabela 3.1 - Material necessário para o equipamento.

Material/Ref.	Quantidade	Fornecedor	Em stock? (S/N)	Unidades a encomendar
WA10DT56I4	1	SEW	S	0
Rolamento ref. S6002	1	INAFAG	N	1
Rolamento ref. 627	1	INAFAG	N	1
Carro guia KWVE15-B-S	2	INAFAG	N	2
Patins	2	INAFAG	N	2
Variador Eletrónico de Velocidade (VEV)	1	SEW	N	1
Ventosas de vácuo	4	SMC	N	4
Cilindros de duplo efeito	2	SMC	S	0
Bomba de vácuo	1	SMC	S	0
Lâminas de corte	100	Ebay	N	100

No momento que houve luz verde para o departamento de projeto estudar a melhor forma de fazer esta máquina, houve testes de funcionamento ao motor em *stock*, uma vez que este estava parado há algum tempo. Após os testes, verificou-se que o motor teria pouca rotação para a função requerida, por isso, era necessário um variador eletrónico de velocidade (VEV) para este atingir a força necessária para o trabalho, daí a sua presença na lista de materiais necessários ao projeto;

No que toca às lâminas de corte, devido à sua extrema fragilidade bem como o uso extensivo, a empresa optou por fazer uma encomenda acima do que realmente era necessário de forma a criar *stock* deste componente. Isto permitiria assim, uma rápida substituição da peça, de forma a não se parar a produção por longos períodos de tempo uma vez que, o tempo de restituição de *stock* era elevado.

Os rolamentos têm o efeito de suporte do veio, encontrando-se um, em cada lado do veio, de forma a garantir estabilidade caso este vibrasse com a rotação do motor.

Para os pinos de encaixe presentes nas bases, a solução apresentada foi deixar um espaçamento nas lâminas nos locais onde os pinos passavam (Figura 3.4). Por outro lado, para isto não ser um sistema totalmente rígido, nas zonas de aperto do motor à mesa de trabalho, foram criados furos que permitem a regulação através de parafusos em ambos os eixos, tanto em altura como em profundidade, de forma a permitir uma regulação posicional posterior, por parte do utilizador caso seja necessário.

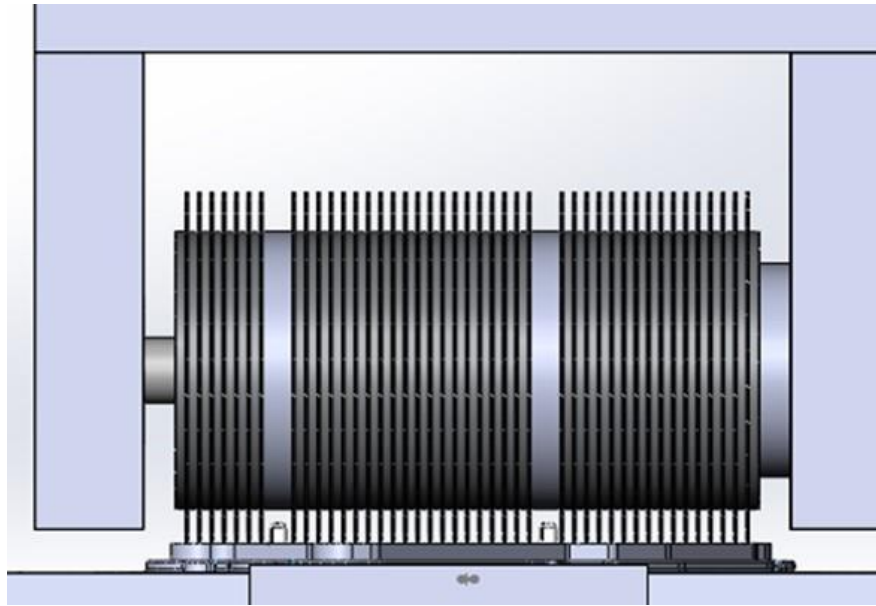


Figura 3.4 - Espaçamento nas lâminas de corte segundo o projeto.

Para a estabilização da base no ninho, foi considerado um sistema de vácuo, onde se conseguisse sugar a peça contra o ninho, para que na passagem pelas lâminas, a peça esteja o mais estável possível. Por outro lado, foram adicionadas cavilhas com 2,0 mm de diâmetro, que entram diretamente na peça e que fazem com que esta só tenha uma posição e não rode no momento do retrabalho. Para além disto, o próprio ninho devido a ter uma caixa do formato da base, ajuda também a que a peça esteja mais estável. Desta forma, todas estas medidas foram pensadas para que o retrabalho fosse o mais estável possível, com o objetivo de os cortes incididos fossem o mais lineares possível, não danificasse a peça nem nenhum componente da máquina e/ou operador caso a peça saltasse da sua posição, por exemplo.

Na Figura 3.5 é possível visualizar os pontos de vácuo escolhidos (a) e os buracos onde entram as cavilhas de posicionamento da peça (b). Os pontos de vácuo foram selecionados a partir do espaço disponível, sendo esses quatro pontos os mais espaçados que permitem às ventosas, agarrar o material. Por outro lado, estes pontos têm a superfície lisa, o que permite fazer vácuo, sem problemas de maior.

Quanto aos buracos para as cavilhas, estes foram selecionados devido a estarem aproximadamente na zona central da peça e por estarem lineares um com o outro, permitindo assim, fazer a função pretendida sem se causar muitos problemas de colocação.

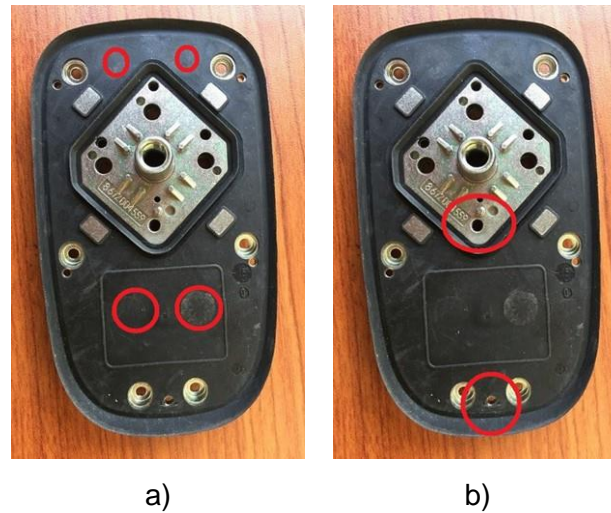


Figura 3.5 - Pontos escolhidos para colocação de vácuo (a) e de colocação das cavilhas (b).

Na Figura 3.6, podemos ver a localização do sistema de vácuo (ventosas incluídas) no ninho;

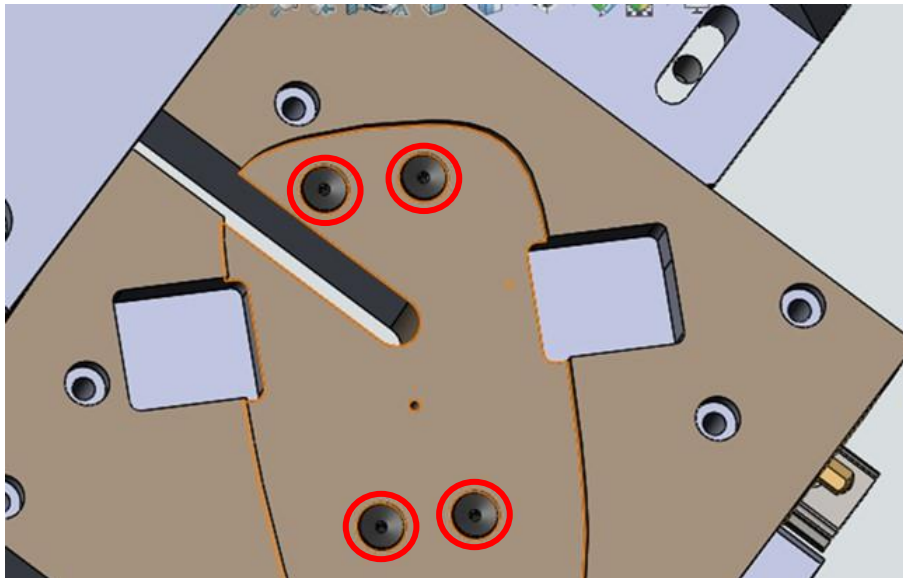


Figura 3.6 - Ninho com posição do sistema de vácuo.

Para a segurança do operador, a zona de movimento de peças foi rodeada, sendo que na parte da frente foram colocadas barreiras de segurança, que param todas as funções da máquina caso o feixe seja interrompido por uma mão, por exemplo, evitando assim que o operador sofra algum tipo de ferimentos (Figura 3.7).

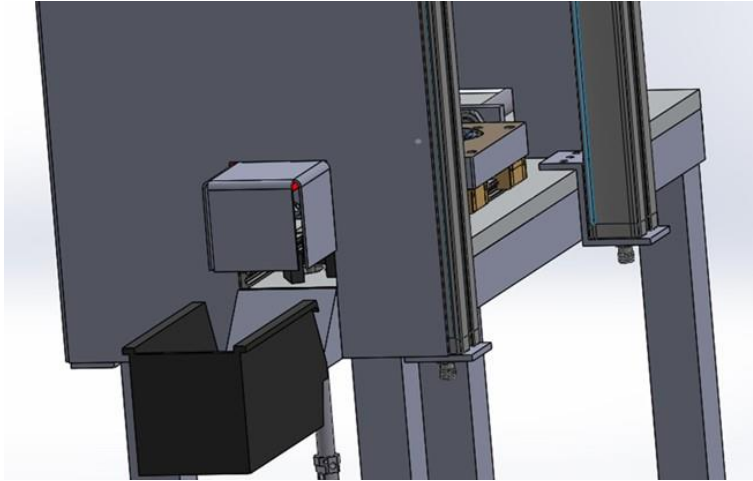


Figura 3.7 - Visualização das proteções que serão colocadas no equipamento para proteção dos operadores.

Para a saída da peça sem auxílio do operador, foi criado um sistema automático (autómato) por atuação de um cilindro pneumático. Isto é, quando o cilindro que transporta o ninho atingisse o fim do curso (recurso a um sensor de fim de curso), este faria subir outro cilindro, colocado por baixo da mesa. Ao subir, levantava a peça (entretanto o ninho já recolhia para a posição de partida), que era pousada em peças de Nylon também projetadas. Com isto, a peça saía da máquina quando o ninho viesse à frente, outra vez empurrando-a para fora (Figura 3.8).

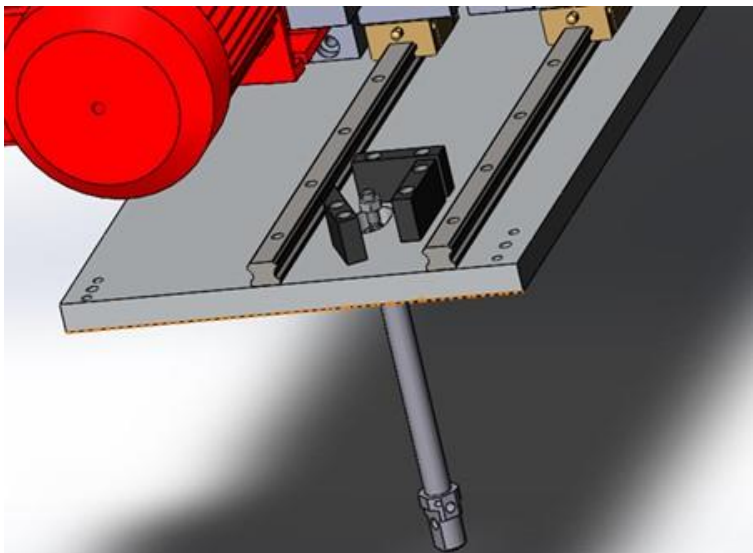


Figura 3.8 - Mecanismo para remoção da peça da máquina.

Como é um sistema de corte por lâmina, haverá a formação de pequenas aparas que permanecerão na peça caso não sejam removidas. De forma a não se

complicar muito a programação dos automatismos, foi pensado que poderia existir outro operador a limpar cada peça, mal estas abandonem a máquina ou então, limpem-se todas no fim de estarem retrabalhadas. Esta limpeza ocorrerá, à partida, por pistola de ar comprimido, devido a ser rápido e eficaz.

De modo a facilitar o acesso do operador à peça (no ninho), foram criados dois rasgos lateralmente à peça, um de cada lado, para que o operador possa colocar os dedos conseguindo fazer o contacto com o sistema de vácuo de uma forma melhor, mas também, para poder retirar a base de forma mais fácil uma vez que apanha mais área de contacto (Figura 3.9). Isto permite assim vencer a força de vácuo mais facilmente, uma vez que estes rasgos entram para a zona inferior da peça.

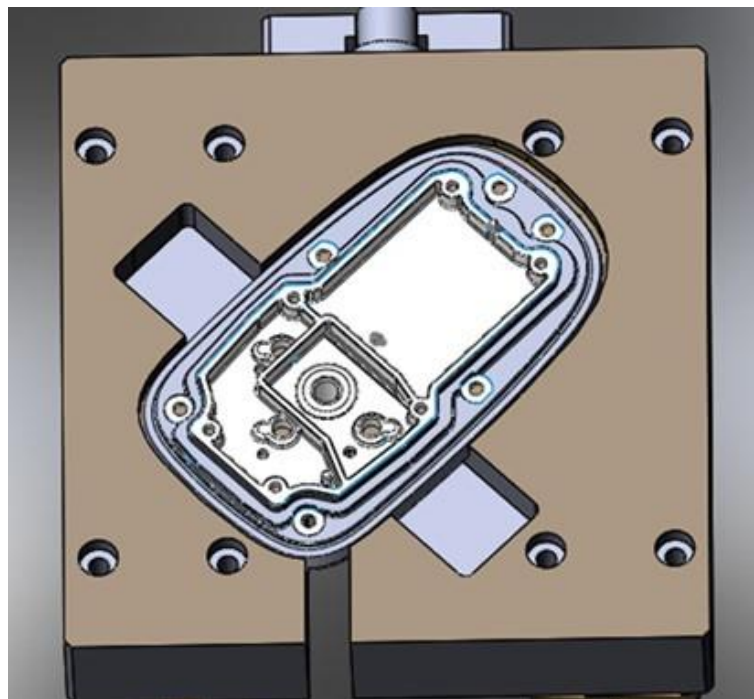


Figura 3.9 - Visualização do ninho desenvolvido com a base da antena colocada.

Por último, o problema de linearidade da base devido ao vácuo foi ultrapassado através da construção de um ninho diferente, que conjugasse as funcionalidades de vácuo com fácil colocação/remoção da peça. Desta forma, o ninho contou com um rasgo lateral até ao centro da peça para que o pino inferior entre e saia com facilidade mas que permita à peça assentar pelos rebordos de borracha, o que fez com que esta permanecesse direita. Sendo o problema a eficácia do sistema de vácuo tinha que se garantir que a peça seria agarrada com força suficiente para a manter no lugar no momento de passagem pelas lâminas. Para isso, teria de ser aumentada a profundidade da caixa onde a base iria assentar e fosse realizado um

controlo da altura das caixas das ventosas. Com todos os problemas detetados antes da produção e teoricamente resolvidos, foi apresentada a ideia final, um desenho 3D, completo, para a validação do departamento administrativo. Na Figura 3.10, apresenta-se o desenho 3D do equipamento projetado.

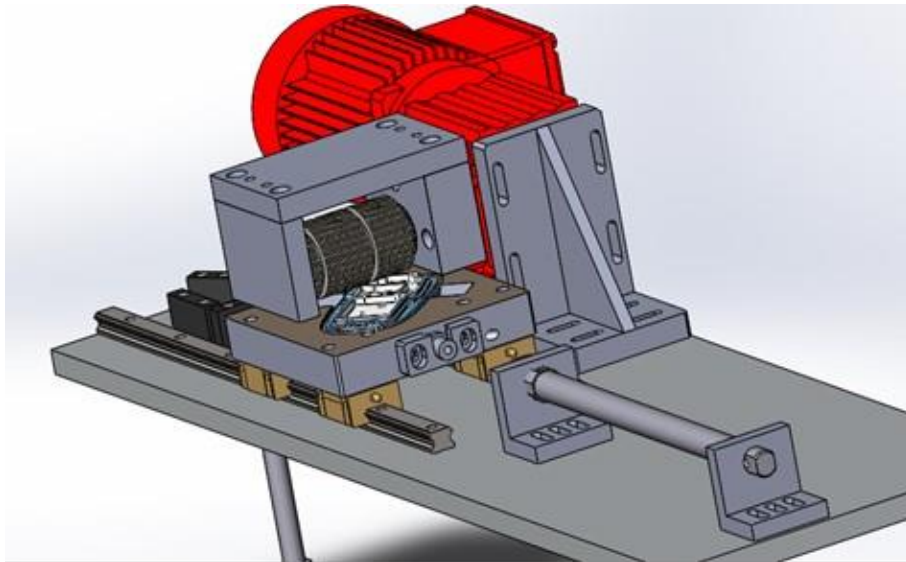


Figura 3.10 - Perspetiva 3D do equipamento projetado sem as proteções.

3.4 - Escolha dos materiais

Como já foi dito anteriormente, os materiais para este projeto foram escolhidos com base no *stock* presente na empresa bem como no seu custo. Ou seja, foi procurado um equilíbrio entre custo e a disponibilidade de recursos existentes na MNID, uma vez que a empresa não podia deixar que determinados recursos ou materiais entrassem em rutura de *stock*, pois poderia inviabilizar outros projetos da empresa. Em virtude do equipamento não ser muito dispendioso, foi política, não gastar demasiado na compra de materiais para o mecanismo.

Assim, inicialmente foi feita uma seleção entre as peças de alto risco (sujeitas a cargas elevadas), e peças que eram só de suporte (que não estariam sujeitas a cargas excessivas). As peças apenas de suporte, iriam ser em alumínio sendo que é mais leve e já havia *stock* (redução de custos e peso). As peças sujeitas a carga

elevada, iam ser em aço (para suporte do motor, proteção das laminas, etc.) de forma a resistir mecanicamente às solicitações do trabalho.

Desta forma, foi possível não esgotar os recursos já disponíveis bem como não depender demasiados fundos. Para se garantir não ultrapassar o orçamento definido, o único material de produção comprado foi a base de toda a máquina, uma vez que devido as suas dimensões exteriores, não havia material presente na empresa.

3.5 - Introdução dos dados no PHC

Quando se submetem os dados do projeto para o departamento administrativo, este consoante o cumprimento dos requisitos inicialmente propostos (custo, funcionalidade etc.) valida ou não o conceito. Caso este seja rejeitado nesta última fase, o mesmo volta para o departamento de projeto para ser retificado consoante os motivos da rejeição, de forma a haver uma nova reavaliação.

No caso de o conceito ser validado, existem um número de passos que são necessários efetuar antes da produção das peças. Sendo assim, antes de ser inserido na base de dados da empresa, é-lhe atribuído um número de identificação. Isto acontece para todas as peças/projetos que a MNID desenvolve.

Desta forma, o número atribuído a este projeto foi o de MN-000-00051-xxx. Este número é apenas identificativo no interior da empresa e funciona da seguinte forma:

- MN - Duas primeiras letras do nome da empresa (MNID);
- 000 - Número de identificação do cliente para o qual é a peça/máquina. Por exemplo, no caso da Kathrein é o 009, no caso da Renault é o 003 sendo que como este é um pedido de origem interna conta com o número 000 (cada identificação é feita por ordem sequencial de entrada do cliente na empresa);
- 00051 - Número de identificação da peça/projeto. Ou seja, este é um número crescente consoante o número de peças/máquinas que o

cliente requer, sendo que neste caso, a MNID já tinha 50 pedidos de origem interna antes de esta máquina ser requisitada.

- xxx - Número da peça, isto é, no caso do projeto ser constituído por várias peças, cada uma tem o seu número próprio.

Após o equipamento ser validado e de serem atribuídos todos os números necessários ao projeto, passa-se à introdução de toda a informação do projeto na base de dados da empresa. O programa que a MNID tem para gestão de projetos é designado por PHC. Na **Erro! A origem da referência não foi encontrada.**, apresenta-se o *layout* do *software*.

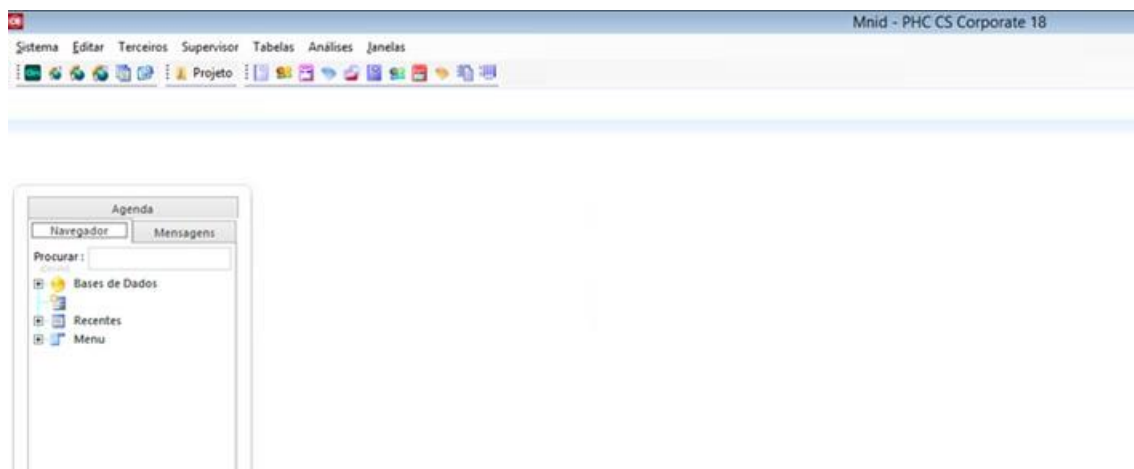


Figura 3.11 - Layout do Software PHC para gestão de projetos.

Esta ferramenta permite a todos os departamentos controlarem que material é necessário para as peças (mantendo assim sempre um controlo ativo dos *stocks*), controlarem as quantidades exatas de peças que são necessárias produzir (a não ser que haja ordem interna para fazer *stock* de determinada peça), controlarem os prazos de produção para que todos os pedidos sejam entregues dentro do prazo. Desta forma, existe uma gestão do tempo de máquina/pessoa para cada peça. É ainda possível visualizar os tratamentos químicos/térmicos que foram pedidos para determinada peça.

Por outro lado, todos os operadores da produção têm que registar as horas de começo/fim de cada peça conforme a sua função (operador de máquina, serralheiro ou programador) permitindo assim à direção da empresa manter um controlo mais ativo na produtividade e eficácia de cada membro desse sector.

Por último, o *software* PHC efetua a ligação ao programa Excel para controlo dimensional das peças. Para cada peça que entra na empresa é feita uma folha de

cálculo onde são registadas todas as cotas finais de produção, permitindo a quem mede fazer um trabalho mais eficaz, pois visualiza melhor se a peça esta dentro das tolerâncias pedidas pelo cliente, podendo esse ficheiro ser partilhado com o cliente caso seja solicitado.

Desta forma, cabe ao departamento do projeto inserir nesta base de dados todas as peças que vão ser produzidas na empresa. Este é assim o passo final para o projeto entrar no departamento de produção. É de notar que no caso de ser um projeto pedido, por exemplo pela Bosch ou Renault, os projetos já podem estar inseridos, pela administração, faltando apenas lançar as ordens de fabrico e controlos de produção respetivos. Na eventualidade de quem atualiza a base de dados não tiver a certeza se o projeto já foi criado, basta verificar se o número correspondente ao projeto está ou não ativo (que ainda não tenha sido fechado/entregue). Seguidamente procede-se a um breve explicação de como é inserido um novo projeto no software PHC.

Assim, para criar um novo projeto (Figura 3.12) temos que carregar no separador “Projeto” seguido do botão “Introduzir” (ou ALT+N). Posto isto, aparece para editar a janela logo abaixo no botão “Introduzir”.

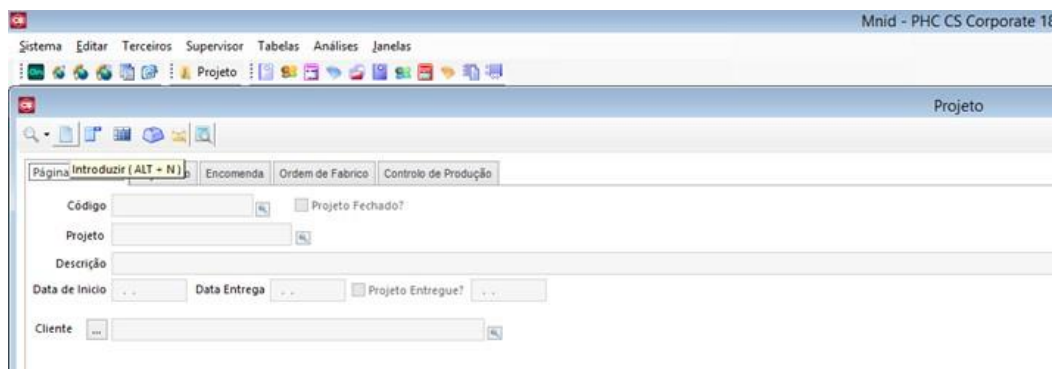
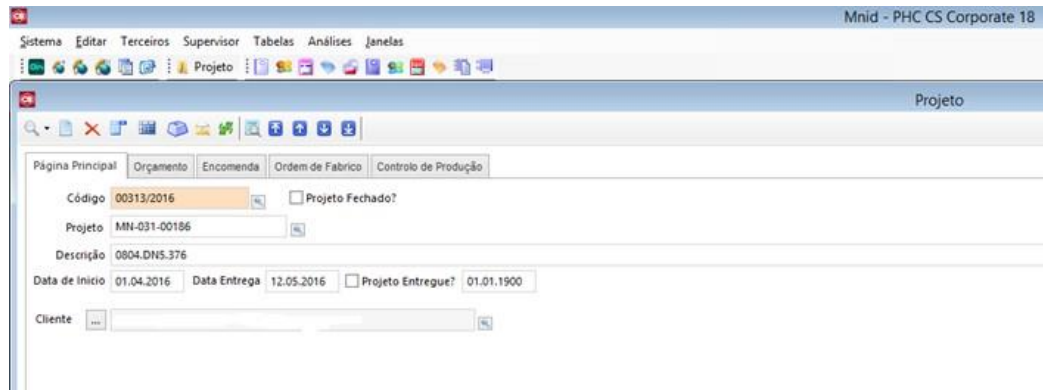


Figura 3.12 - Introdução de novo projeto.

Neste ponto, o utilizador tem que preencher os dados gerais do projeto, isto é, o seu número interno, a descrição deste (normalmente é o número dado pelos clientes para sua identificação), as datas de início (data em que é feito o pedido à empresa) e de fim do projeto (data da entrega do projeto-prevista ou requerida), bem como o cliente ao qual o projeto é remetido. Na Figura 3.13 podemos ver um exemplo de um projeto requerido por um cliente. É possível visualizar os diversos números de identificação, desde o da MNID ao próprio do cliente, bem como as datas de início/entrega e o projeto associado ao cliente.



The screenshot shows a software window titled "Mnid - PHC CS Corporate 18". The menu bar includes "Sistema", "Editar", "Terceiros", "Supervisor", "Tabelas", "Análises", and "Janelas". The main window has a "Projeto" title bar and a toolbar with various icons. Below the toolbar, there are tabs for "Página Principal", "Orçamento", "Encomenda", "Ordem de Fabrico", and "Controlo de Produção". The "Página Principal" tab is active, displaying a form with the following fields:

- Código: 00313/2016 (with a small orange highlight)
- Projeto: MN-031-00186
- Descrição: 0804.DN5.376
- Data de Inicio: 01.04.2016
- Data Entrega: 12.05.2016
- Projeto Entregue?: 01.01.1900
- Projeto Fechado?: (checkbox)
- Projeto Entregue?: (checkbox)
- Cliente: (dropdown menu)

Figura 3.13 - Introdução dos dados do projeto.

É de notar também que, no campo “código”, o valor é de incrementação automática. Nesta cadeia de números, o primeiro faz referência ao número do projeto e o segundo ao ano. O exemplo apresentado é o projeto 313 de 2016. Para além disto, verificamos que as partes do programa que aparecem a laranja são inseridas pelo próprio programa sem ser possível ao utilizador alterar o valor (read only). Após gravar, apenas falta preencher as ordens de fabrico e produção. Nestes separadores é onde se encontram as informações de cada peça do projeto, desde os seus tratamentos a ficheiros associados. Para explicar as ordens de trabalho encontramos o exemplo da peça que se apresenta na figura seguinte (figura 3.14).

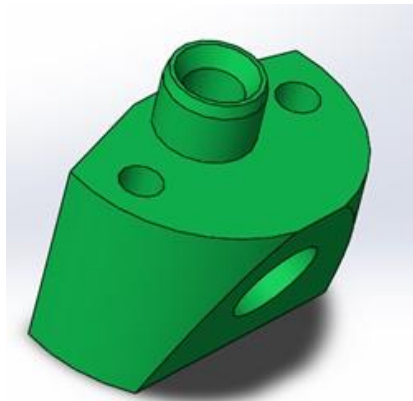


Figura 3.14 - Peça exemplo para explicação do procedimento para criação das ordens de trabalho.

Para explicação do procedimento da criação das ordens de trabalho (no caso da peça exemplo), todos os ficheiros da peça (tanto 2D como 3D) foram fornecidos pelo cliente (existem exceções onde o cliente apenas possui 2D da peça e necessário o desenho 3D por parte da MNID). Neste caso de estudo, tanto 2D como 3D, têm de ser elaborados pelo departamento de projeto de forma a haver uma fácil comunicação entre departamentos na empresa. Na Figura 3.15, apresenta-se os passos iniciais de uma ordem de fabrico.

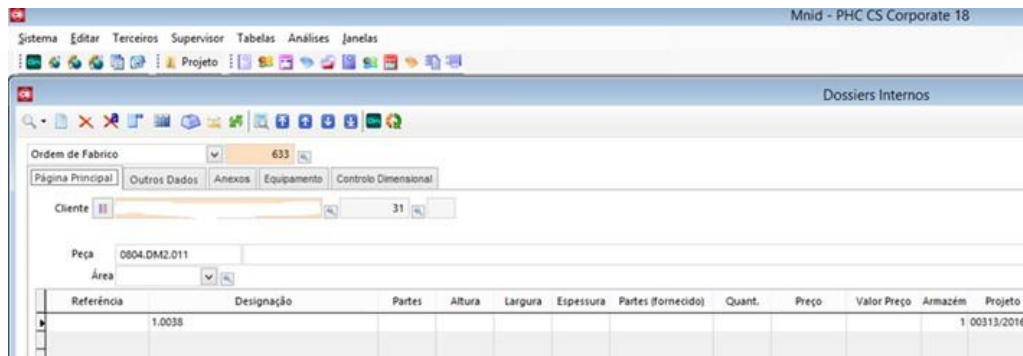


Figura 3.15 - Introdução da ordem de fabrico.

Assim, na primeira fase preenche-se a número da peça (no caso de ter um número de cliente, é aqui inserido, caso contrário é inserido o interno à MNID). Para além disso, também aqui são preenchidos qual o tipo de material da peça em questão (no exemplo podemos ver que era uma peça de 1.0038-aço estrutural) e ainda as quantidades (para este caso seria apenas uma peça). O passo seguinte (Figura 3.16) é proceder-se ao preenchimento do separador “Anexos”. Neste ponto é onde se insere os ficheiros associados à peça (2D e 3D) bem como os serviços externos (tratamentos químicos/térmicos) que a peça tenha que ser submetida.

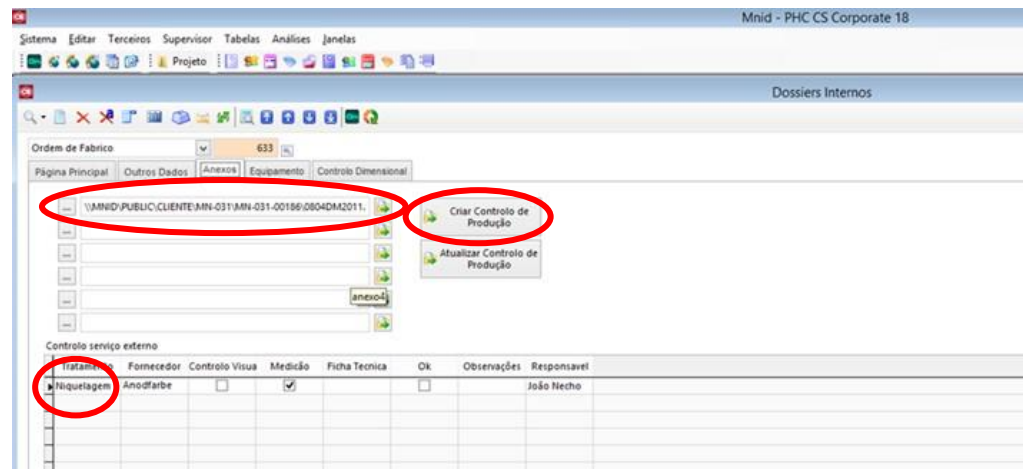


Figura 3.16 - Introdução de tratamentos e ficheiros associados.

Através da Figura 3.16 é possível verificar que o tratamento a ser aplicado na peça foi a niquelagem e que tinha um ficheiro associado (geralmente 3D). De seguida passa-se ao separador “Equipamentos” (Figura 3.17).

REF		PROJECTO												
CONJUNTO		ENCOMENDA												
	COTA	Norma / IT	EQ.	Variação	Peça 1	Peça 2	Peça 3	Peça 4	Peça 5	Peça 6	Peça 7	Peça 8	Peça 9	Peça 10
1	40	Iso 2768-m	PQ	#####										
2	47		PQ	#####										
3	15		PQ	14 994										
4	16		PQ	14 983										
5	30	Iso 2768-m	PQ	16 200										
				15 800										

Figura 3.19 - Excel de controlo dimensional da peça.

Analisando a Figura 3.19, pode-se visualizar que não fazem parte todas as cotas existentes na peça mas sim as mais importantes, de entre as quais se destacam as cotas exteriores e/ou as cotas com tolerâncias. Estas cotas são selecionadas pelo departamento de projeto de forma a preencher o Excel mas também como alerta na altura da medição para que o operador esteja mais atento a estas cotas, evitando falhas nesta fase final do ciclo da peça. Por fim, para finalizar o lançamento completo de uma peça, falta apenas lançar o seu controlo de produção. A única diferença nestas duas partes é que, uma se destina ao departamento de projeto e administrativo (Ordem de fabrico) e outra ao departamento de produção (controlo de produção) bastando para isso apenas carregar no botão “Criar controlo de produção” como podemos ver na Figura 3.16.

Fazendo isto para todas as peças do projeto, temos o que se pode visualizar nas Figura 3.20 e Figura 3.21, o conjunto de ordem de fabrico e o controlo de produção para cada peça, respetivamente.

Data	Nº O.F.	Peça	Designação	Fechada
27.04.2016	631	0804 BP1.811		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	632	0804 BP1.745		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	633	0804 DM2.011		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	634	0804 DM7.550		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	635	0804 DM7.553		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	636	0804 DM7.551		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	637	0804 DM7.552		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	638	0804 DM7.554		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	639	0804 DM7.555		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	640	0804 DM7.899		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	641	0804 DM7.901		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	642	0804 DM8.000		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	643	0804 DM8.001		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	644	0804 DM8.100		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	645	0804 DM8.101		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	646	0804 DM8.102		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	647	0804 DM8.103		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	648	0804 BT2.437		<input type="checkbox"/>
28.04.2016	649	0804 BT2.481		<input type="checkbox"/>
28.04.2016	650	0804 DN1.164		<input type="checkbox"/>
28.04.2016	651	0804 DN1.165		<input type="checkbox"/>
28.04.2016	652	0804 DN2.204		<input type="checkbox"/>

Figura 3.20 - Ordens de fabrico do projeto completo.

Data	Nº do dossier	Peça	Designação	Fechado
27.04.2016	631	0B04.BP1.811		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	632	0B04.BP1.745		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	633	0B04.DM2.011		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	634	0B04.DM7.550		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	635	0B04.DM7.553		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	636	0B04.DM7.551		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	637	0B04.DM7.552		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	638	0B04.DM7.554		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	639	0B04.DM7.555		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	640	0B04.DM7.899		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	641	0B04.DM7.901		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	642	0B04.DM8.000		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	643	0B04.DM8.001		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	644	0B04.DM8.100		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	645	0B04.DM8.101		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	646	0B04.DM8.102		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	647	0B04.DM8.103		<input type="checkbox"/>
27.04.2016	648	0B04.BT2.437		<input type="checkbox"/>
28.04.2016	649	0B04.BT2.481		<input type="checkbox"/>
28.04.2016	650	0B04.DM1.164		<input type="checkbox"/>
28.04.2016	651	0B04.DM1.165		<input type="checkbox"/>
28.04.2016	652	0B04.DM2.204		<input type="checkbox"/>

Figura 3.21 - Controlo de produção do projeto completo.

Como estes ficheiros estão interligados entre si, têm todos o mesmo número de projeto associado dentro do programa, sendo assim mais fácil a sua utilização e visualização por parte do utilizador. É de notar que, estes passos se executam para todas as peças/projetos que sejam produzidos na MNID, conseguindo assim manter a facilidade de acesso a estas características por todas as partes envolvidas na sua produção. Sendo assim, a base de dados para o projeto está completa, podendo assim, o departamento de produção iniciar o processo de fabrico.

3.6 - Processo de fabrico

No departamento de produção, antes de os operadores procederem ao seu fabrico, (no caso de as peças necessitarem de ser produzidas no centro de maquinagem CNC), é necessário proceder à programação das mesmas. De seguida explica-se o procedimento que é feito para que, as peças sejam produzidas nos centros de maquinagem CNC. Antes da dita programação acontecer existem cuidados que devem ser contabilizados pois influenciam diretamente os parâmetros de

maquinagem, de entre os quais se destacam o tipo de material e o tipo de geometria da peça.

3.6.1 - Tipo de material

O tipo de material usado nas peças de um projeto influencia a sua dimensão, dado que, é necessário ter em conta vários fatores quando falamos em diferentes tipos de materiais com as mesmas operações. Para os mesmos ciclos de maquinagem mas materiais distintos toda a produção altera, desde velocidades de avanço/corte bem como ferramentas usadas entre outros parâmetros que iremos ver de seguida.

Assim, o programador deve estar atento ao material selecionado, que consta no 2D da peça para que, a programação seja bem-feita e a produção seja eficaz. Atendendo a que existem ferramentas especializadas nos diversos tipos de materiais, convém usar ferramentas próprias a esse material.

Na MNID, de momento encontram-se apenas disponíveis ferramentas para aços e alumínio uma vez que estes são globalmente os materiais mais processados pela empresa. Para o caso de ser outro tipo de material, são usadas estas ferramentas tendo-se a perfeita noção que vai existir uma ruína prematura da ferramenta ou ruína do próprio *stock* (sobreaquecimento, mau acabamento etc.). A título de exemplo, na MNID, para as ferramentas usadas pela empresa, temos 10000 rpm e 2500 (mm/m) se o material for aço e 6000 rpm e 1500 mm/min, para fresas de topo plano com diâmetros entre 6 e 10 mm. Caso haja alteração em termos de dimensão ou geometria da ferramenta de corte, os parâmetros operatórios devem se corrigidos de acordo com o que se apresenta na Figura 3.22.

MATERIAL		ÇO 0,20 A 0,30%C (MACIO) E BRONZE	ÇO 0,30 A 0,40%C (MEIO - MACIO)	ÇO 0,40 A 0,50%C (MEIO - DURO) FERRO FUNDIDO	FERRO FUNDIDO (DURO)	FERRO FUNDIDO (MACIO)	COBRE	LATAO	ALUMINIO
VELOCIDADE-CORTE (m/min)		35	25	22	18	32	50	65	100
Ø DA BROCA (mm)	AVANÇO (mm/V)	ROTAÇÕES POR MINUTO (rpm)							
		1	0,06	11140	7950	7003	5730	10186	15900
2	0,08	5570	3975	3502	2865	5093	7950	10335	15900
3	0,10	3713	2650	2334	1910	3396	5300	6890	10600
4	0,11	2785	1988	1751	1433	2547	3975	5167	7950
5	0,13	2228	1590	1401	1146	2037	3180	4134	6360
6	0,14	1857	1325	1167	955	1698	2650	3445	5300
7	0,16	1591	1136	1000	819	1455	2271	2953	4542
8	0,18	1392	994	875	716	1273	1987	2583	3975
9	0,19	1238	883	778	637	1132	1767	2298	3534
10	0,20	1114	795	700	573	1019	1590	2067	3180
12	0,24	928	663	584	478	849	1325	1723	2650
14	0,26	796	568	500	409	728	1136	1476	2272
16	0,28	696	497	438	358	637	994	1292	1988
18	0,29	619	442	389	318	566	883	1148	1766
20	0,30	557	398	350	287	509	795	1034	1590
22	0,33	506	361	318	260	463	723	940	1446
24	0,34	464	331	292	239	424	663	861	1326
26	0,36	428	306	269	220	392	612	795	1224
28	0,38	398	284	250	205	364	568	738	1136
30	0,38	371	265	233	191	340	530	689	1060
35	0,38	318	227	200	164	291	454	591	908
40	0,38	279	199	175	143	255	398	517	796
45	0,38	248	177	156	127	226	353	459	706
50	0,38	223	159	140	115	204	318	413	636

Figura 3.22 - Parâmetros de corte para as brocas em função dos diversos materiais a serem processados (Lopes, 2011)

3.6.2 - Geometria da peça

Outro dos fatores que influencia a programação de uma peça é a sua geometria, que influencia os parâmetros de corte e ferramentas usadas na maquinagem. Para geometrias diferentes, as mesmas ferramentas, podem não maquinar da mesma forma, podendo mesmo atingir a ruína prematura da ferramenta.

Também o uso da peça influencia em muito os parâmetros de programação. Isto é, uma peça que seja superficial (que esteja à vista), convém ter um acabamento o mais liso e espelhado possível sendo para isso usados ciclos de acabamento. Assim, existe uma divisão entre ciclos de acabamento e ciclos de desbaste geral. É de notar que nem todas as peças necessitam de ciclos de acabamento (peças internas).

Na Figura 3.23, apresentam-se as diferenças destes parâmetros entre ciclos de acabamento e ciclos de desbaste, em relação às velocidades de corte e de avanço de acordo com os materiais utilizados. É possível verificar que os ciclos de acabamento caracterizam-se por maiores velocidades de corte que os ciclos de desbaste, contudo tem menor velocidade de avanço o que faz com que os ciclos de acabamento só sejam usados em casos mesmo necessários, pois o seu tempo de finalização das operações é muito superior

TIPO DE MATERIAL A SER USINADO	Desbaste		Acabamento de 1mm de profundidade
	Até a profundidade de 10mm	7mm	
Aço de até 60 kg/mm ²	0.025	0.03	0.012
Aço de 60 a 90 kg/mm ²	0.022	0.027	0.010
Aço de 90 a 110 kg/mm ²	0.022	0.024	0.008
Aço acima de 110 kg/mm ²	0.012	0.014	0.006
Ferro fundido de até 75 kg/mm ²	0.025	0.034	0.010
Ferro fundido acima de 75 kg/mm ²	0.018	0.022	0.008
Latão	0.025	0.030	0.010
Metais leves, alumínio	0.012	0.016	0.006
Cobre	0.026	0.030	0.010

Figura 3.23 - Velocidade de avanço em mm/rpm para desbaste e acabamento para diversos materiais (Silva, 2014)

3.6.3 - Tipos de Ferramentas

Como já se referiu anteriormente, para cada peça do projeto existem parâmetros a ser definidos para a sua maquinagem. Assim, cada ferramenta é escolhida com base no material e na geometria da peça.

Para além disto, a escolha da ferramenta a usar também tem por base o ciclo usado no processo de fabricação, ou seja, para desbastes lineares de grande dimensão são usadas sempre que possível rocas ou fresas de grandes diâmetros, para desbastes laterais são usadas principalmente fresas de menor dimensão e para ciclos de furação são usadas ferramentas de pontear (caso sejam materiais duros) e de seguida as brocas.

Em operações de roscagem, é política da MIND as peças serem tratadas fora do centro de maquinagem. São executadas de forma manual, o que permite não se perder tempo de máquina importante no fabrico de outras peças. Para explicar melhor a seleção de ferramentas e outros parâmetros, que iremos analisar mais á frente, na Figura 3.24, apresenta-se uma peça do equipamento proposta.

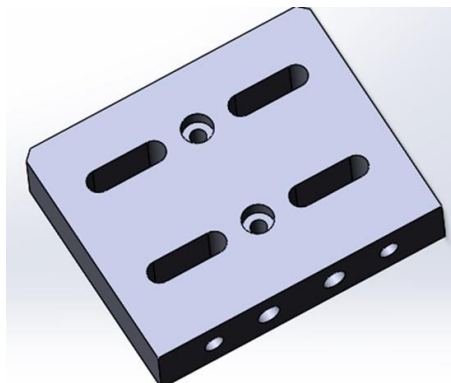


Figura 3.24 - Peça exemplo do projeto.

Analisando a peça, é possível ver que é relativamente simples e de dimensões quadradas. Por isso podemos concluir que para a sua realização, foram usadas fresas de desbaste, (de forma a obtermos as dimensões finais da peça) e brocas de diversos diâmetros para obtermos os furos (4.1, 6.1 e 8.0 mm). Em virtude da dimensão da peça e do tipo de material, alguns dos pressupostos anteriores não foram usados, ou seja, a broca de pontear não foi usada para início de um furo uma vez que, o material é de pequena dimensão, é de alumínio e contém furos de pequenos diâmetros e a roca não foi usada pois esta só é usada para peças de elevadas dimensões (ferramenta com elevado desgaste).

Por fim, importa referir que todas as peças presentes no projeto foram submetidas a trabalhos no centro de maquinagem ou no torno, com exceção da estrutura de suporte de toda a máquina. Neste caso, as operações foram feitas pela secção de serralharia da MNID, a partir de cantoneiras de 40 mm x 40 mm, soldadas umas às outras, de forma a obtermos as dimensões pedidas no projeto.

3.6.4 - Apertos necessários

Após estarem tomados todos os cuidados necessários para a maquinagem, são selecionados os apertos necessários para se prender a peça à máquina. É de notar que, os parâmetros acima falados são feitos para todas as peças existentes no projeto geralmente pelo programador da empresa e/ou diretor do departamento técnico. Assim, para a peça acima referida como peça exemplo (Figura 3.24), são determinados os apertos necessários, sendo que uma peça com estas características e sem grandes tolerâncias de fabricação apenas necessita de três apertos. Quando se faz a identificação do número de apertos, todas as peças são submetidas a esta escolha criteriosa do número mínimo de apertos que é necessário efetuar para produzir a peça, em virtude de que cada vez que se muda o aperto é perdido tempo de máquina por paragem do processo produtivo.

Neste caso, um aperto é no fundo da peça que permite assim à máquina remover o material pela parte superior e lateral deixando assim a peça já com as cotas finais exigidas pelo projetista. Importa referir que, o material para a execução da peça é cortado com dimensões acima das pretendidas de forma a permitir ao operador conseguir prender a peça sem problemas. Se assim não fosse, não era possível efetuar a maquinagem da parte de cima e da parte lateral no mesmo aperto. Neste mesmo aperto, são executados os furos na parte superior da peça (Figura 3.24).

Após todas as operações terem sido efetuadas neste aperto, a peça é rodada e fixada na zona anteriormente maquinada, de forma a se conseguir remover o excesso de material que foi usado para permitir segurar a peça no aperto inicial. Por fim, procede-se o último aperto, onde a peça é fixada verticalmente de forma a permitir à máquina fazer os furos presentes na parte lateral da peça. Depois de a peça estar terminada, esta é encaminhada para a mesa de roscagem onde sofre posteriormente a operação.

3.6.5 - Maquinagem da peça e códigos G

Antes de se proceder à maquinagem da peça é ainda necessário efetuar algum procedimentos que são, determinação de zeros-peças e geração de códigos máquina. Relativamente aos zeros peça, o operador para além de necessitar de cuidado na forma como aperta a peça (ou seja tem que apertar como o programador idealizou) também tem que ter cuidado como tira o zero à peça. Cada aperto tem o seu zero-peça, sendo este o ponto de referência da máquina na peça. No caso de este ponto ser diferente na máquina daquele que foi programado, acontece uma maquinagem errada da peça ou até mesmo a rutura da ferramenta por contacto indevido com o material ou uma perda de calibração na máquina. É de notar que, estes erros acontecem fundamentalmente por falhas na transmissão da informação entre a programação e a produção. Atualmente, os zeros na MNID são retirados por vezes automaticamente e outras vezes manualmente pelo operador através de um sistema de medição por infravermelhos (Figura 3.25).

Analisado a Figura 3.25, verificamos que são apresentados dois sistemas diferentes. Do lado esquerdo apresenta-se o sensor que é responsável por determinar os zeros-peças e à direita apresenta-se o sensor que é usado para determinação dos comprimentos das ferramentas. Relativamente a este último sensor, o operador retira a altura que a ferramenta têm relativamente ao porta-ferramentas (Figura 3.26) de forma automática. Desta forma, o equipamento faz a compensação automática aos valores dados na programação para as alturas das ferramentas. Este processo é necessário uma vez que a colocação da ferramenta no porta-ferramentas é feita de forma manual, sendo praticamente impossível conseguir colocar a ferramenta à mesma altura do programado. Estes sistemas permitem a agilização do processo de tiragem de zeros peça, bem como diminuir a ocorrência de erros por parte do operador.



Figura 3.25 - Exemplo de sistemas de infravermelhos para medição de zero-peça e de comprimento das ferramentas (Haas, 2016).



Figura 3.26 - Exemplo de um porta ferramentas do tipo weldon (Haas, 2016).

A programação é feita no *software* Solidcam®, sendo posteriormente gerado pelo próprio programa, o chamado código G, sendo este o código de programação que a máquina lê, permitindo assim a maquinagem da peça. Na Figura 3.27, apresenta-se uma parte do código gerado para a peça. Analisando a figura pode-se ver as chamadas de ferramentas iniciais bem como os ciclos inicialmente utilizados. Assim, no momento que o código passa para a produção tem que haver uma transmissão de informação entre o programador e operador, para que não haja discrepâncias entre o que foi projetado e o que vai acontecer na máquina. Como política interna da MNID, a direção implementou um sistema em Excel para que a transmissão da informação entre o programador e o operador seja o mais eficiente possível. Neste documento constam as especificações gerais necessárias à produção da peça, como apertos necessários e como realizá-los (distâncias,

posições, etc.), dimensões de material (dimensões iniciais e finais) bem como a posição dos zeros peça para cada aperto. Este ficheiro é assim outra forma de diminuir as falhas de comunicação entre programação e produção evitando assim custos excessivos em material e/ou ferramentas.

```

%
O200 (O2001.)
(TOOL DIAMETER = 5.1)
(LENGTH OUT OF HOLDER = 80.)
(TOOL TYPE = DRILL)
(TOOL DIAMETER = 15.)
(LENGTH OUT OF HOLDER = 40.)
(TOOL TYPE = SPOT DRILL)
(TOOL DIAMETER = 4.1)
(LENGTH OUT OF HOLDER = 80.)
(TOOL TYPE = DRILL)
(TOOL DIAMETER = 6.)
(LENGTH OUT OF HOLDER = 24.)
(TOOL TYPE = BULL NOSE MILL)
G00 G91 G28 Z0
G80 G90 G49 G40
G5.1 Q0
G54
M9
G0 G91 G28 Z0 M5
M06 T17
T11 ( BROCA Ø5.1 )
G90 G0 X-19.5 Y12.5
M3 S350
G43 H17 Z25.
G0 X-19.5 Y12.5 Z25.
G98 G81 Z-32. R2. F50
    Y-16.25
    X19.5
    Y12.5

G80
G5.1 Q0
M9
G0 G91 G28 Z0 M5
M06 T11
T16 ( Nine 90° )
G90 G0 X0. Y12.5
M3 S8000
G43 H11 Z25.
    
```

Figura 3.27 - Parte do código CNC para a peça exemplo.

Quando os parâmetros se encontram todos definidos e há troca de informação entre sectores na empresa, inicia-se a maquinagem da peça, tendo em atenção todos os pressupostos anteriormente referidos que são:

- O operador seleccionar e preparar as ferramentas necessárias para maquinar a peça;
- Aperto da peça na posição requerida e calcular os zeros peças;

- Início do programa e caso a programação tenha sido bem executada, o centro de maquinagem executa de forma autónoma a produção da peça.

Terminado todo o processo de produção, a peça vai para a secção de cotagem, para verificar se está dentro das tolerâncias permitidas. É de notar que, esta verificação é feita de uma forma superficial pelos operadores das máquinas, para que se uma peça estiver estragada a meio da maquinagem, não se perca tempo a maquinar peças que estão arruinadas desde o início da maquinagem.

3.6.6 - Cotagem/Retificação

No momento em que a produção da peça se encontra finalizada passa para a secção de verificação dimensional, como já tinha sido referido. É apenas uma verificação final e mais atenta das dimensões e cotas gerais da peça. Assim, a peça passa por uma verificação das cotas de maior importância (as cotas exteriores e cotas com tolerâncias mais limitadas). Na MNID as tolerâncias são feitas com base na ISO 2768-m⁴. Esta norma serve para a tolerância de dimensões lineares e é aplicada nos processos da empresa pois é requerida pela maior parte dos principais clientes.

Desta forma, é feita a tolerância com base nas dimensões da peça. Analisando Figura 3.28, vemos que por exemplo uma peça com uma dimensão de 4 mm tem como valor máximo 4.1 mm e como valor mínimo 3.9 mm ou seja, apresenta uma tolerância de fabricação ± 0.1 mm. Caso uma peça com cota de 30 mm tem como valor máximo 30.2 mm e de valor mínimo 29.8 mm ou seja, ± 0.2 mm de tolerância de fabricação.

⁴ Esta norma é usada quando o cliente não estabelece a tolerância a ser utilizada

Dimensões em milímetros

Classe de tolerância		Afastamentos admissíveis para intervalo de dimensões básicas							
		De 0,5 ¹⁾ até 3	acima de 3 até 6	acima de 6 até 30	acima de 30 até 120	acima de 120 até 400	acima de 400 até 1 000	acima de 1 000 até 2 000	acima de 2 000 até 4 000
Designação	Descrição								
f	fino	± 0,05	± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	-
m	médio	± 0,1	± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2
c	grosso	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2	± 3	± 4
v	muito grosso	-	± 0,5	± 1	± 1,5	± 2,5	± 4	± 6	± 8

¹⁾ Para dimensões nominais abaixo de 0,5 mm, o afastamento deve ser indicado junto à dimensão nominal correspondente.

Figura 3.28 - Tolerância segundo a ISO 2768-m (ISO, 2001)

No caso de as peças terem tolerâncias devido a acoplamentos, são usadas outro tipo de tabelas que permitam ver os desvios máximos e mínimos da cota (Figura 3.29).

Cota Nominal (mm)		CLASSES DE QUALIDADE																	
		IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
De >	Até ≤	Tolerância																	
		µm									mm								
1	3	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630	9	11	16	22	32	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800	10	13	18	25	36	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000	11	15	21	28	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	1250	13	18	24	33	47	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250	1600	15	21	29	39	55	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600	2000	18	25	35	46	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500	22	30	41	55	78	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150	26	36	50	68	96	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

µm-micrómetro = 1x10⁻⁶ m. As classes IT0 e IT01 são indicadas na norma ISO 286-1:1988

Figura 3.29 - Tabela do IT, para tolerâncias específicas (Morais, 2006).

Com base na figura anterior, para uma cota de 6f7, sendo que a dimensão nominal é 6 mm e a tolerância é f7, é possível determinar o designado IT (I-Iso, T-tolerância) da peça. Sendo assim, para esta cota temos um IT de 0.012 mm.

É de notar que, a tolerância é respetiva à geometria, ou seja, varia conforme sendo veio ou furo. A diferença está presente na própria tolerância, se for 6f7 a cota é respetiva a um veio, se for 6F7 é referente a um furo, sendo que a forma de retirar valores das tabelas é em tudo idêntica.

Assim, como o $IT = \text{Desvio superior (DS)} - \text{Desvio inferior (DI)}$, para 6f7, ou seja para um veio, o $DS = -0.010$ mm (Figura 3.30). Determina-se que o $DI = -0.022$ mm ou seja, para 6f7, temos uma tolerância de fabricação entre 5.990 e 5.978 mm.

Cota Nominal (mm)		Desvio Superiores (Valores em μm)											
De >	Até \leq	a	b	c	cd	d	e	ef	f	fg	g	h	js
-	3	.270	.140	.80	.34	.20	.14	.10	.8	.4	.2	e	
3	6	.270	.140	.70	.46	.30	.20	.14	.10	.6	.4	e	
6	10	.280	.150	.80	.56	.40	.25	.18	.13	.8	.5	e	
10	14	.290	.150	.95		.50	.32		.16		.6	e	
14	18												
18	24	.300	.160	.110		.65	.40		.20		.7	e	
24	30												
30	40	.310	.170	.120									

Figura 3.30 - Tabela para o desvio superior em veios (Morais, 2006).

Caso seja um furo, existem tabelas semelhantes para o cálculo dos desvios de cotas, sendo estas verificações feitas no momento de criação do ficheiro Excel.

Por vezes, no decorrer da produção da peça, ocorrem erros e estas cotas vem fora da tolerância. Quando isto acontece, ao serem detetados na medição, a peça é rejeitada e volta à produção de forma a haver uma retificação destas cotas.

Um dos erros mais comuns é o da cota H7 em furos. Estas cotas são usadas maioritariamente para cavilhas pois é uma tolerância apertada. Assim, muitas das vezes por desgaste nas ferramentas este furo vem ou demasiado apertado ou demasiado folgado sendo necessária retificação. Quando uma peça é rejeitada por o furo estar pequeno, é passada uma fresa com a cota do furo de forma a alargá-lo. Para casos que o furo esteja folgado muitas das vezes não há outra solução a não ser repetir a produção da peça desde o início.

Sendo a peça validada, a mesma segue para o departamento de expedição. Aqui é encaminhada para o tratamento químico/térmico ou entregue ao cliente, caso esta não tenha tratamento.

3.6.7 - Tratamentos químicos e térmicos

Como já foi referido anteriormente, uma peça após a produção segue para o tratamento químico/térmico. Em suma, os tratamentos mais requisitados na MNID são têmpera/revenido, cementação, anodização, nitruração ou niquelagem. Cada tratamento tem as seguintes influências nos materiais:

- Têmpera - apenas aplicada em aços e é usada para o aumento da dureza geral da peça submetendo a mesma a um aquecimento seguido de arrefecimento repentino (altera as dimensões gerais da peça).
- Revenido - serve para atenuar os efeitos da têmpera, que deixa a peça frágil, submetendo-a a um novo aquecimento (altera as dimensões gerais das peças).
- Cementação - é um processo complementar a prévia têmpera, com objetivo de fazer aumentar a dureza da peça (altera as dimensões gerais da mesma pois empena a maior parte das peças).
- Anodização - é o processo de criar uma camada protetora à volta de peças de alumínio (Al_2O_3).
- Nitruração - é um processo usado em aços de forma a aumentar a dureza superficial e com isso a resistência ao desgaste.
- Niquelagem - é o processo de depositar uma fina camada de níquel sobre os aços tendo com isso, o objetivo de aumentar a resistência ao desgaste, a resistência a corrosão e a ductilidade da peça (altera as dimensões gerais da peça devido ao depósito de níquel na peça).

Estes tratamentos são feitos fora da empresa e os prazos de entrega têm que ter em conta o tempo que leva a fazer o tratamento e o tempo de transporte (maioritariamente demoram entre 5 a 7 dias a reenviarem as peças).

Em certas peças, quando estas voltam do tratamento, é necessária uma nova verificação das cotas uma vez que alguns destes tratamentos podem alterar as mesmas. Dos tratamentos referidos, aqueles que alteram estes parâmetros são todos os tratamentos térmicos (têmpera, revenido e cementação) e o tratamento de niquelagem. As outras peças passam diretamente para montagem (em caso de máquina) ou expedição.

No caso em estudo, as peças de aço foram submetidas a nitruração e as peças de alumínio foram submetidas a anodização. Outros tratamentos eram desnecessários pois os custos inerentes ao processo não se justificava devido às peças não estão submetidas a um desgaste elevado.

3.7 - Expedição

Depois do tratamento estar finalizado, a peça volta a empresa para ser remetida para o cliente. Assim, como já foi dito, são medidas novamente as peças cujos tratamentos podem influenciar as suas dimensões gerais sendo que as outras são logo remetidas para a mesa de montagem ou diretamente para expedição caso sejam peças únicas. Assim, para as peças que são logo enviadas para o cliente são criadas as condições necessárias ao transporte da peça, isto é, as peças geralmente são embrulhadas e oleadas (no caso de serem de aço cujo tratamento não previne a oxidação) e colocadas em caixas, individuais ou não, dependendo do tamanho das peças.

Cada peça, ao ser embrulhada, é propriamente identificada por autocolantes com a informação da mesma (número de projeto, número da peça, etc.) e é acompanhada por toda a documentação (guia de transporte, Excel com cotagem, entre outros).

Fora exceções, em que é a própria empresa que faz o transporte dos materiais, estas viagens de peças entre tratamento, empresa, cliente são feitas por transportadoras especializadas no transporte de materiais frágeis. Sendo o nosso caso de estudo um projeto interno à empresa, mal as peças chegaram de tratamento, seguiram para a mesa de montagem, como iremos ver no capítulo seguinte.

Capítulo 4

Montagem, ajustes e quantificação

4.1 - Introdução

Após as peças chegarem do tratamento, são divididas por projetos e por sua vez é feita uma divisão entre as que necessitam de montagem (projetos) e as que vão diretamente para o cliente.

No caso em estudo, as peças foram colocadas, assim que chegaram dos respectivos tratamentos, juntamente com toda a informação do projeto, de forma a uma fácil identificação da maneira mais eficaz para se proceder à montagem do mesmo. No anexo apresentam-se todos os desenhos parciais e de conjunto necessários à montagem do equipamento.

4.2 - Montagem

Quando chega a altura da montagem dos projetos é arranjado todo o material necessário à união das partes, isto é, parafusos, porcas, anilhas, etc., que sejam necessárias para a conclusão do mesmo. Neste caso, sendo um projeto interno, o material usado é o que a empresa tiver em *stock*. No caso de ser um projeto requerido pelo cliente, à medida que o departamento de projeto desenha as peças, o departamento administrativo organiza todo este material em caixas respetivas a cada projeto, uma vez que este material também é encomendado no momento da apresentação do mesmo.

Assim, estando o material necessário todo junto na zona de montagem, com base nas folhas (2D) do projeto, faz-se a montagem do mesmo. Esta montagem é feita pelo departamento de projeto uma vez que é o sector mais qualificado para garantir o rigor e eficácia da montagem uma vez que é o único departamento apto a utilizar os ficheiros 2D e 3D enviados pelo cliente.

No que diz respeito ao equipamento para introdução de uma operação suplementar no fabrico de uma base de antena automóvel, a montagem final do referido equipamento é a que se apresenta na Figura 4.1.



Figura 4.1 - Caso de estudo em final de produção.

Através da análise da figura anterior é possível visualizar todo o equipamento à exceção dos dispositivos de segurança que ainda não estavam montados, uma vez que, era impossível afinar e regular a máquina com toda a sua caixa protetora. Esta só foi fixa após os testes estarem todos concluídos e todas as regulações feitas.

A fase de testes, serviu para verificar o funcionamento de todos os mecanismos da máquina e regulá-los para que todos funcionassem como um só.

Primeiro foi regulado a posição do motor, permitindo assim que as lâminas tocassem nas bases. Posteriormente foram reguladas as velocidades de abertura e recolha dos cilindros, para que estas não ocorram de forma muito violenta, pois podem causar danos nas peças ou empeno do próprio cilindro. Por último, foram lubrificadas os patins, que seguram o ninho na sua posição, para que se realize um movimento com o menor atrito possível, obtendo-se assim uma movimentação mais suave e com menor desgaste.

Uma vez que a máquina ainda não tinha os dispositivos principais de proteção e como continuava a ser necessário garantir o mínimo de segurança possível (para quem regulava a máquina) foram inseridos na fase de produção dois acrílicos, um de cada lado na zona das lâminas (Figura 4.2), para que não fosse possível o operador se aleijar, se por descuido, estivesse com a mão nessa zona quando a máquina se encontrasse em funcionamento.

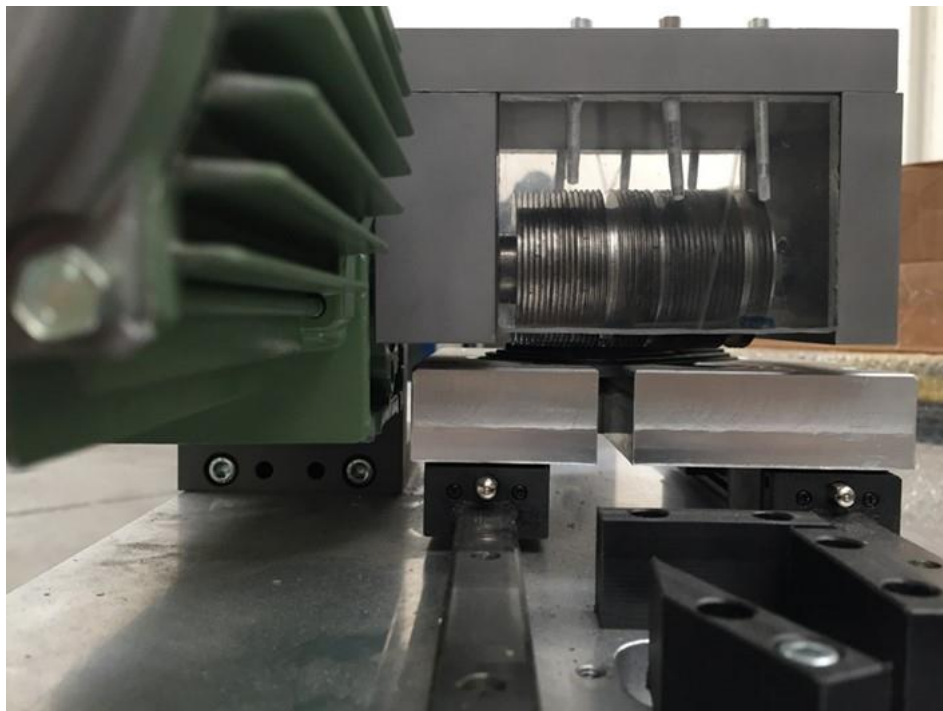


Figura 4.2 - Pormenor do distanciamento entre lâminas de corte e posicionamento das placas de acrílico para proteção.

É de notar que estes acrílicos foram produzidos exteriormente ao centro de maquinagem CNC, uma vez que não existia necessidade de rigor dimensional. Por outro lado, sendo um material sensível, teve que ser roscado manualmente uma vez que velocidade a mais em material deste (plástico) poderia danificar a rosca.

Na Figura 4.3, apresenta-se a entrada do sistema de vácuo cuidadosamente colocada na posição apresentada de forma a não bater em nada quando este estivesse em movimento. Por outro lado, também vemos os pontos de regulação do motor, presentes no seu suporte. Assim, vemos que é possível regular o motor em altura e em profundidade.

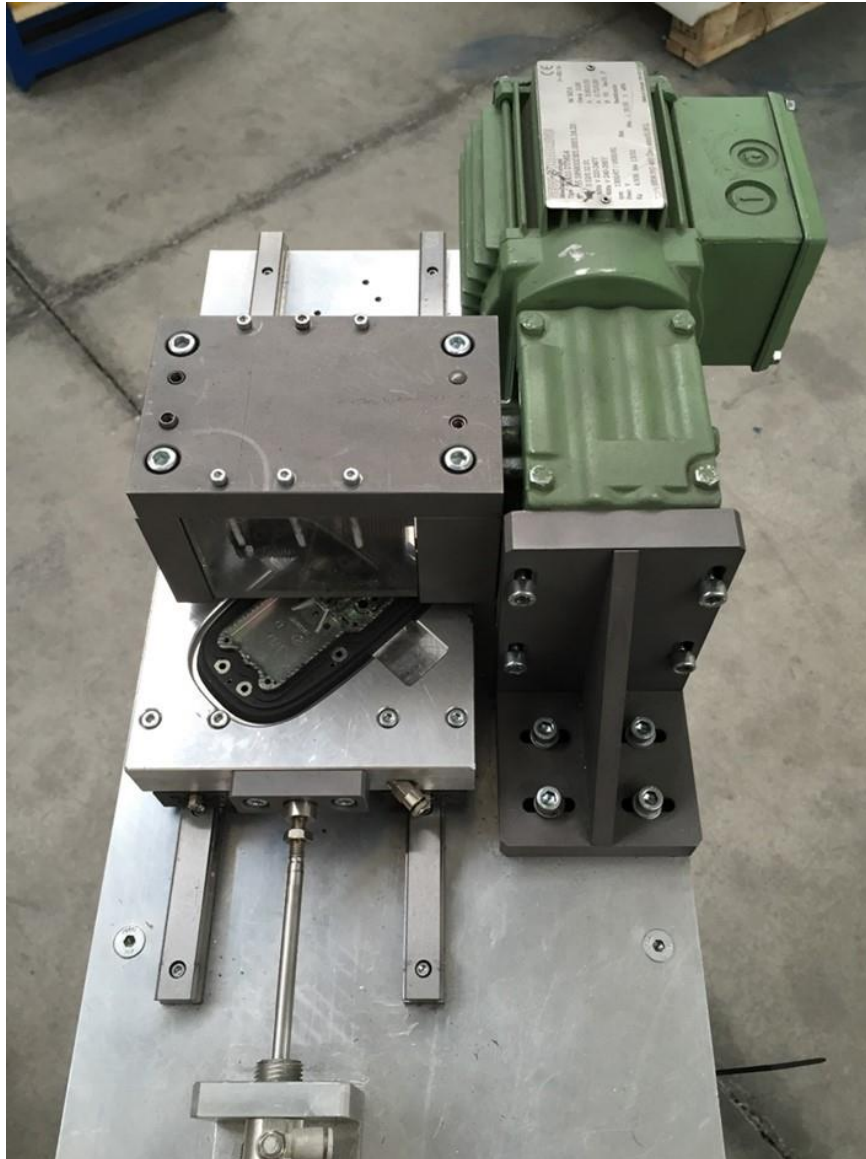


Figura 4.3 - Vista superior do caso de estudo onde é possível identificar a entrada do sistema de vácuo e os mecanismos de regulação dos vários elementos.

Posto isto, podemos verificar pelas figuras anteriores que o equipamento foi montado na sua generalidade sem problemas, e de acordo com o projeto à exceção de dois pormenores que de seguida se vão apresentar.

4.3 - Retificações e ajustes necessários

Apesar de tudo correr maioritariamente como o projetado, existiram algumas complicações que só foram observadas na fase de montagem uma vez que pelo desenho 3D a máquina era totalmente funcional e não teria disfuncionalidades nenhuma. Assim, no decorrer desta fase de montagem/testes foram verificados dois erros do departamento de projeto (incorreto posicionamento do cilindro responsável por retirar a base do ninho e furação do suporte do cilindro responsável por mexer o ninho) que levariam a um funcionamento diferente do projetado.

Relativamente ao primeiro erro e através da Figura 4.4, é possível identificar inúmeras furações semelhantes uma à frente da outra. Estas furações correspondem à zona onde se procede à fixação do cilindro responsável por retirar a base do ninho.

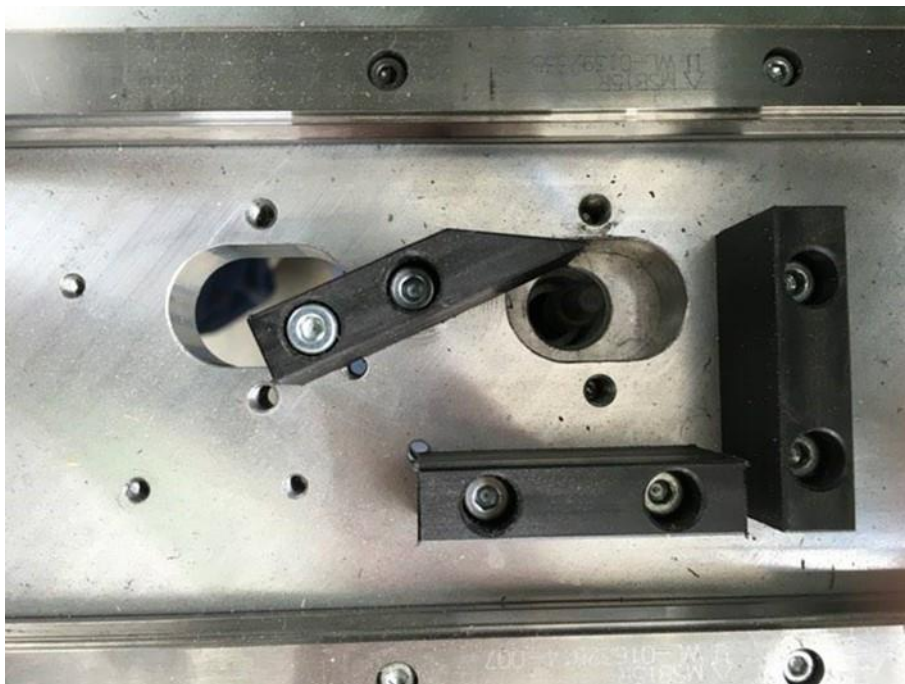


Figura 4.4 - Erro 1: Furação da fixação do cilindro inferior.

Este teve de ser fixo mais a frente do idealizado uma vez que no programa usado o curso do cilindro não correspondia ao curso que este realmente tinha. No projeto o 3D o cilindro usado, não tinha limites de curso sendo que os furos para fixar o cilindro foram feitos para a posição máxima que o ninho podia ir sem sair da mesa de trabalho. Este erro levou a que a peça em questão (chapa que serve de base a

todo o mecanismo) tivesse que entrar novamente no centro de maquinagem para se efetuar de novo os rasgos, originando desta forma um ligeiro atraso na conclusão do projeto.

Relativamente ao segundo erro (falha no cálculo de distâncias), não sendo tão grave como o anterior uma vez que este permitia a funcionalidade da máquina. De uma forma resumida pode-se dizer que, o erro foi no cálculo da abertura dos furos que iriam permitir a fixação do suporte do cilindro responsável por mexer o ninho (Figura 4.5). Assim, com esta falha, o cilindro deixou de ter regulação nos dois sentidos do furo tendo só num. Por outro lado, o suporte da frente esta desfasado em relação a este, tendo afinação para os dois lados.

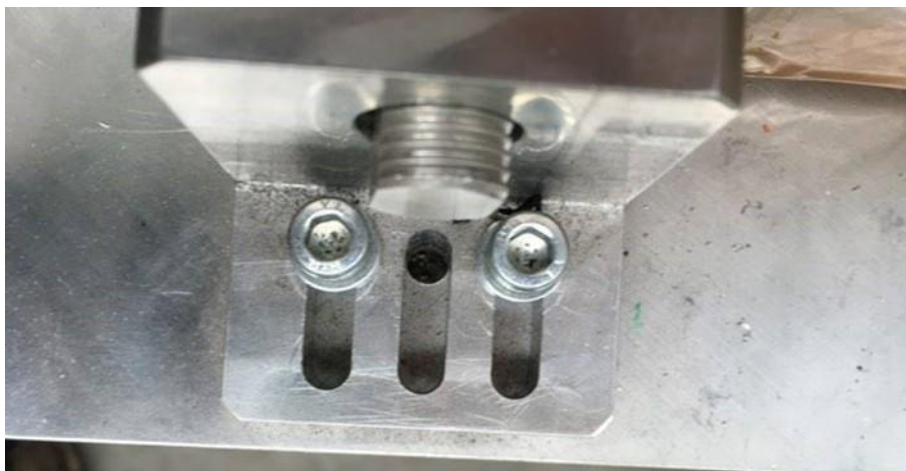


Figura 4.5 - Erro 2: localização da furação das fixações de suporte do cilindro.

Para além disto, houve outros erros de produção de menor dimensão, que não implicaram tempo de máquina sendo que foram corrigidos manualmente. Neste conjunto de erros encontram-se as furações para cavilhas que se encontravam apertadas face ao necessário e alguma rebarba que foi corrigida depois do tratamento. É de notar que, as rebarbas passaram para tratamento pois eram mínimos excessos de materiais que escaparam à verificação inicial das peças. Depois de se proceder à reparação dos pequenos detalhes a máquina ficou pronta a ser testada já no corte de bases, ou seja, foram realizados testes a ver se o conceito funcionava conforme o pretendido.

4.4 - Quantificação de lucros

Após a máquina ser testada foi feita uma análise comparativa entre tempo de maquinagem do centro CNC e do projeto. Assim, dos testes realizados foram analisados os tempos de produção de uma unidade (uma peça). Pela máquina produzida, o tempo de corte da peça é de 4 segundos (ou seja, o tempo de passagem de um lado ao outro das lâminas) face aos 9 segundos que o centro demora. Em relação a um ciclo completo, a máquina demora cerca de 10 segundos e o centro demora 18 segundos (ciclo completo é o tempo de o operador retirar e colocar a peça no ninho).

Por estes dados, numa base tínhamos um ganho de 8 segundos o que implica que numa caixa, com 84 unidades, tínhamos um ganho de aproximadamente 11 minutos. É de notar que estes valores são teóricos nunca sendo confirmados na prática uma vez que foi mudada a antena que requeria este tipo de bases e retrabalhados o que deixou o projeto pendente até ser necessário este tipo de retrabalho. Assim, os lucros da empresa face a este projeto são bastante óbvios e visíveis, isto é, ganhava-se 11 minutos por cada caixa que se fizesse, o que ao fim de 5/6 caixas implicaria uma hora poupada face ao anterior sistema. Para além disto, a empresa também tem lucros na medida em que com isto conseguiu libertar um centro de maquinagem, para outras peças, que só ali podem ser realizadas. Isto permitiu à empresa manter os prazos de entrega de projetos sem comprometer outros, levando a uma melhor gestão de recursos humanos.

Capítulo 5

Conclusões

Dado o exposto conclui-se que, o caso em estudo foi feito e idealizado com base a atingir os objetivos propostos pelo departamento administrativo. Conseguiu-se então realizar um processo, mais rápido que na CNC (libertando-a destes trabalhos) e o mais simples possível sendo que tudo isto tinha que atingir uma meta de orçamento reduzido de forma a se compensar o investimento a curto/médio prazo.

Foi ainda possível otimizar tempos de produção de forma significativa, fazendo com que a máquina fosse uma verdadeira ajuda em casos de muitos projetos pendentes. Esta também teve a ajuda de não necessitar de programação em Solidcam® para a realização da tarefa, sendo todos os ajustes realizados por afinação mecânica. Isto permite assim libertar também quem programa, desta

tarefa, bem como permite ao operador um ajuste rápido de todas as variáveis presentes sem necessidade de terceiros.

Posto isto, podemos concluir que, apesar de nunca ser possível ter uma produção contínua com a máquina, devido à rutura de *stock* por parte do fornecedor, existem inúmeras vantagens em ser usada, mesmo que seja necessária alguma adaptação (para uma base nova ou se as antigas voltarem a ser produzidas).

Bibliografia

Haas, 2016. [Online] Available at: www.haascnc.com[Acedido em 24 Jun. 2016].

ISO, 2001. *Tolerâncias gerais - Parte 1: Tolerâncias para dimensões lineares e angulares sem indicação de tolerância individual*. [Online] Available at: <http://www.daelt.ct.utfpr.edu.br/professores/cassilha/NBR%20ISO%202768-1%20Tolerancias%20Gerais.pdf>[Acedido em 12 Maio 2016].

Lopes, R., 2011. *Velocidades de Avanço para brocas de aço rápido*. [Online] Available at: <http://solidprize.blogspot.pt/2011/04/velocidade-e-avanco-para-brocas-de-aco.html> [Acedido em 12 Maio 2016].

Morais, S., *Desenho técnico básico*. Vol. 3 ed. s.l.:Porto Editora. 2006.

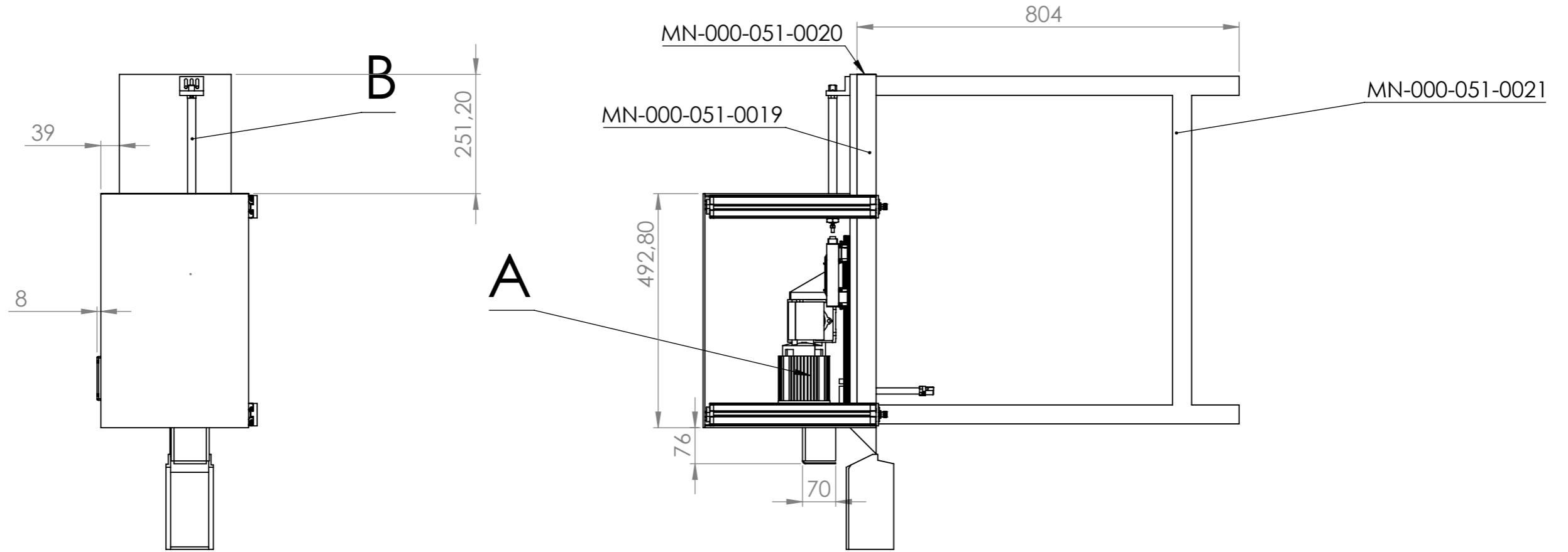
Parreiras, P., 2016. *Nomus - Blogue Industrial*. [Online] Available at: <http://www.nomus.com.br/blog-industrial/2015/12/a-importancia-do-profissional-da-engenharia-de-producao-em-uma-industria/> [Acedido em 02 Setembro 2016].

Portugal, B. d., 2015. *Análise setorial da indústria metalomecânica. Banco de Portugal, nº 5*, s.l.: Eurosistema.


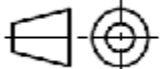
Silva, C., 2014. *apostila-cnc*. [Online] Available at: <http://pt.slideshare.net/CremlsonSilva/apostila-cnc> [Acedido em 12 Maio 2016].

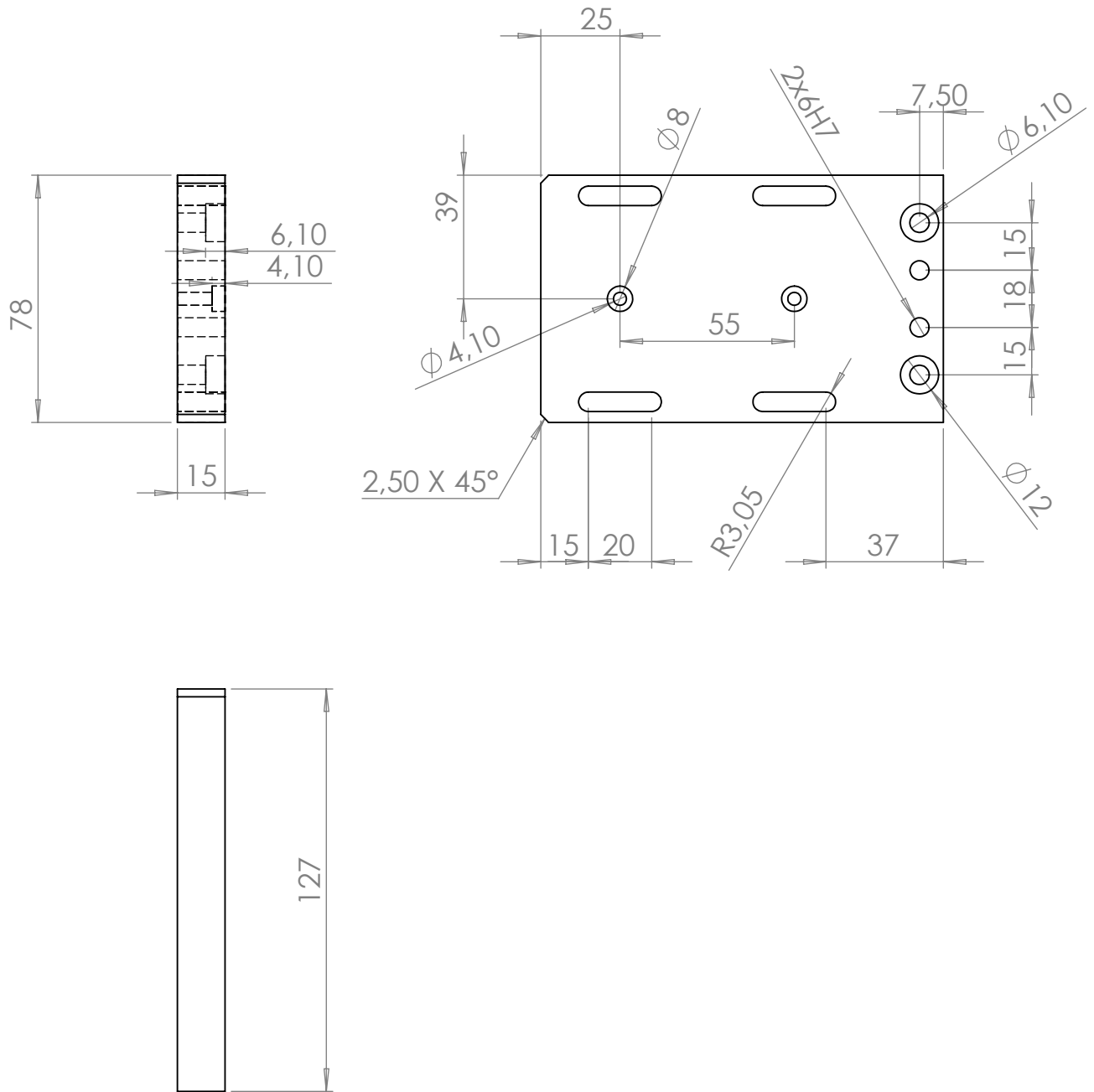
Soares, N., *A Industrialização Portuguesa em Mercados Emergentes*. Instituto Superior Técnico ed. s.l.:Tese de Mestrado. 2014.



ANEXO

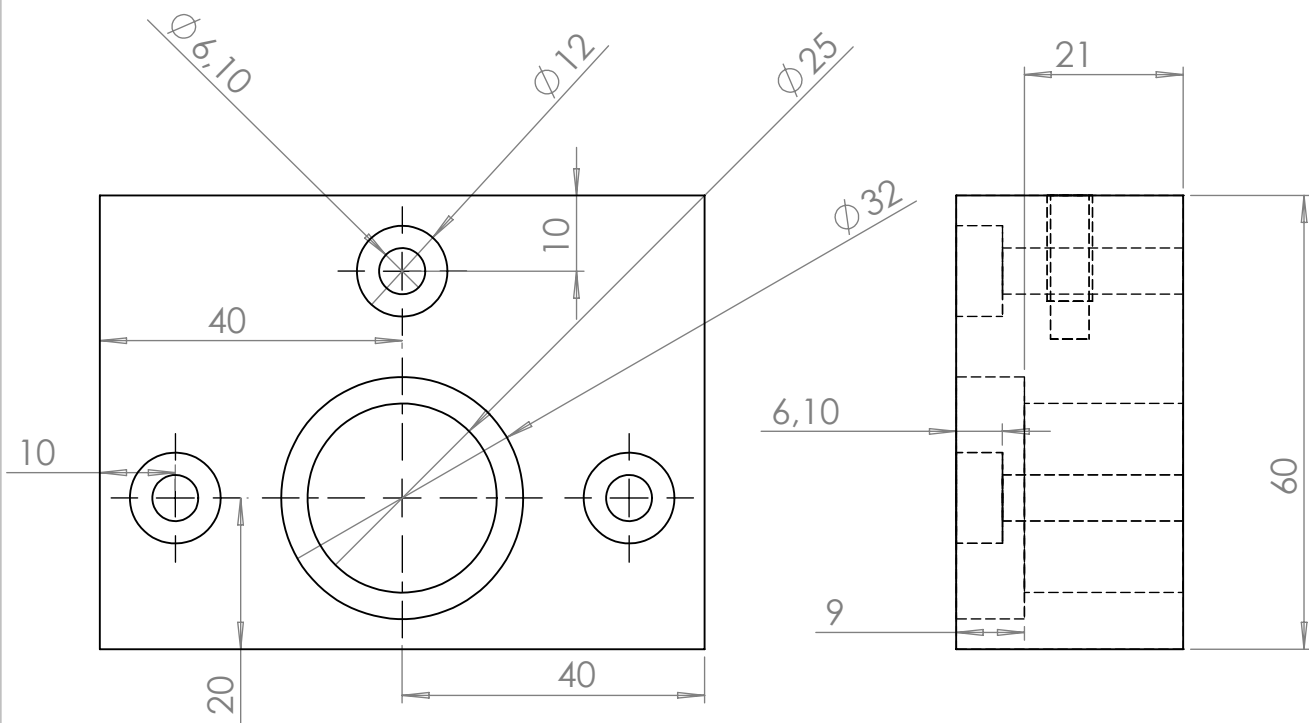
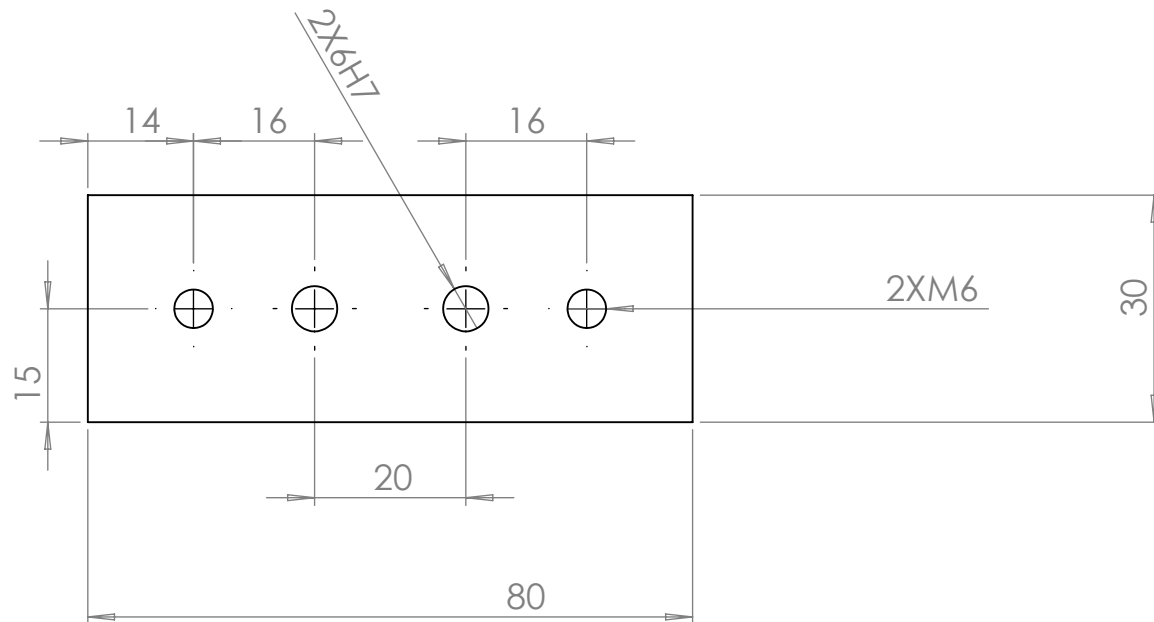




ITEM	Qt.	Designação	ISO/DIN	Fornecedor
A	1	WA10DT56L4		MNID
B	1	CD85N16-200		MNID
C	1	CD85N12-80C		MNID

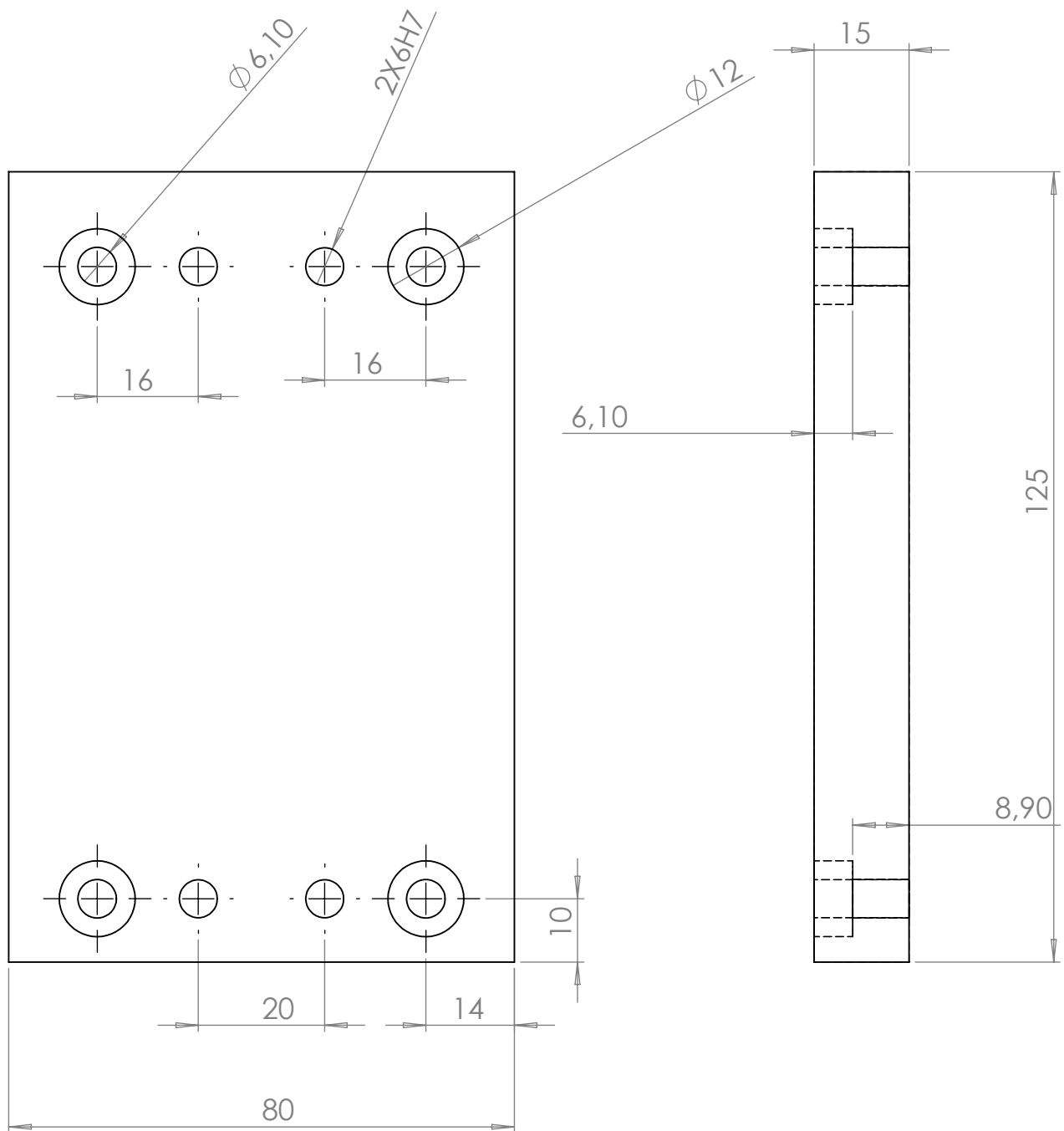
Toleranciamento ISO 8015	Data	Nome	Material		E
Tolerancias gerais ISO 2768-mH	Desenhado 3/5/2016	M. Rodrigues	Dureza: Acabamento:		D
Rugosidades gerais ISO 1302	Visto 9/5/2016	J. Necho	Quantidade: Tratamento:	Cliente: 000	C
Cantos e chanfros gerais ISO 13715	Aprovado 9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto: Medida em bruto:		Ref. Cliente:
Escala: 1:5	Formato: A3	Projecto:	Nº Projecto: Substitui:		
			Desenho Nº MN-000-051	Rev. Designação Máquina de corte	





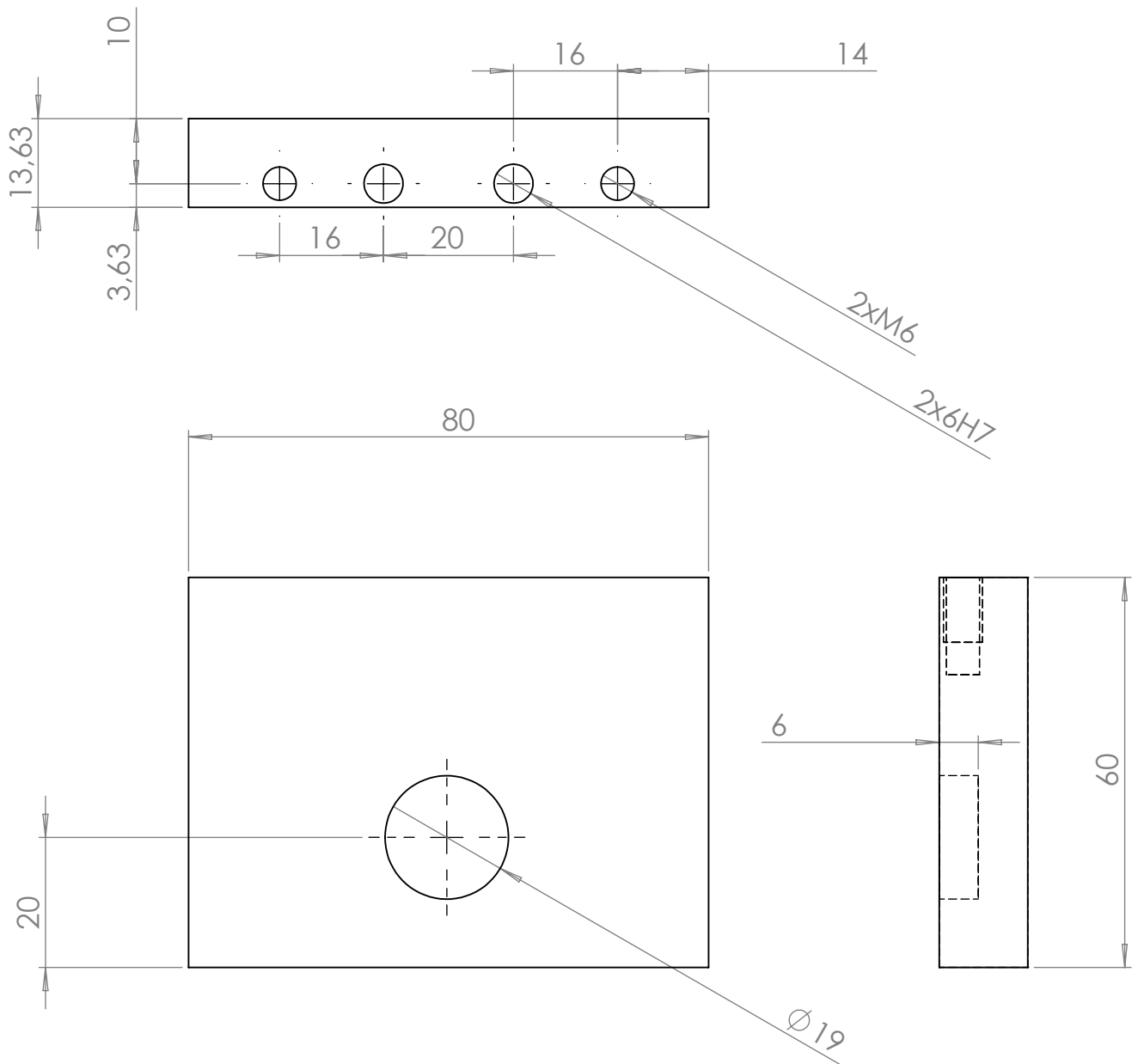
Rev.	Data	Alteração					
Toleranciamento ISO 8015		Data	Nome	Material	CK45		E
Tolerancias gerais ISO 2768-mH	Desenhado	2/5/2016	M. Rodrigues	Dureza:	Acabamento:		D
Rogosidades gerais ISO 1302	Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:		C
Cantos e chanfros gerais ISO 13715	Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	Cliente: 000	C
Escala: 1:2	Formato: A4	Projecto:		Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente:	B
		Desenho Nº			Designação		A
		MN-000-051-00001					


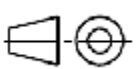


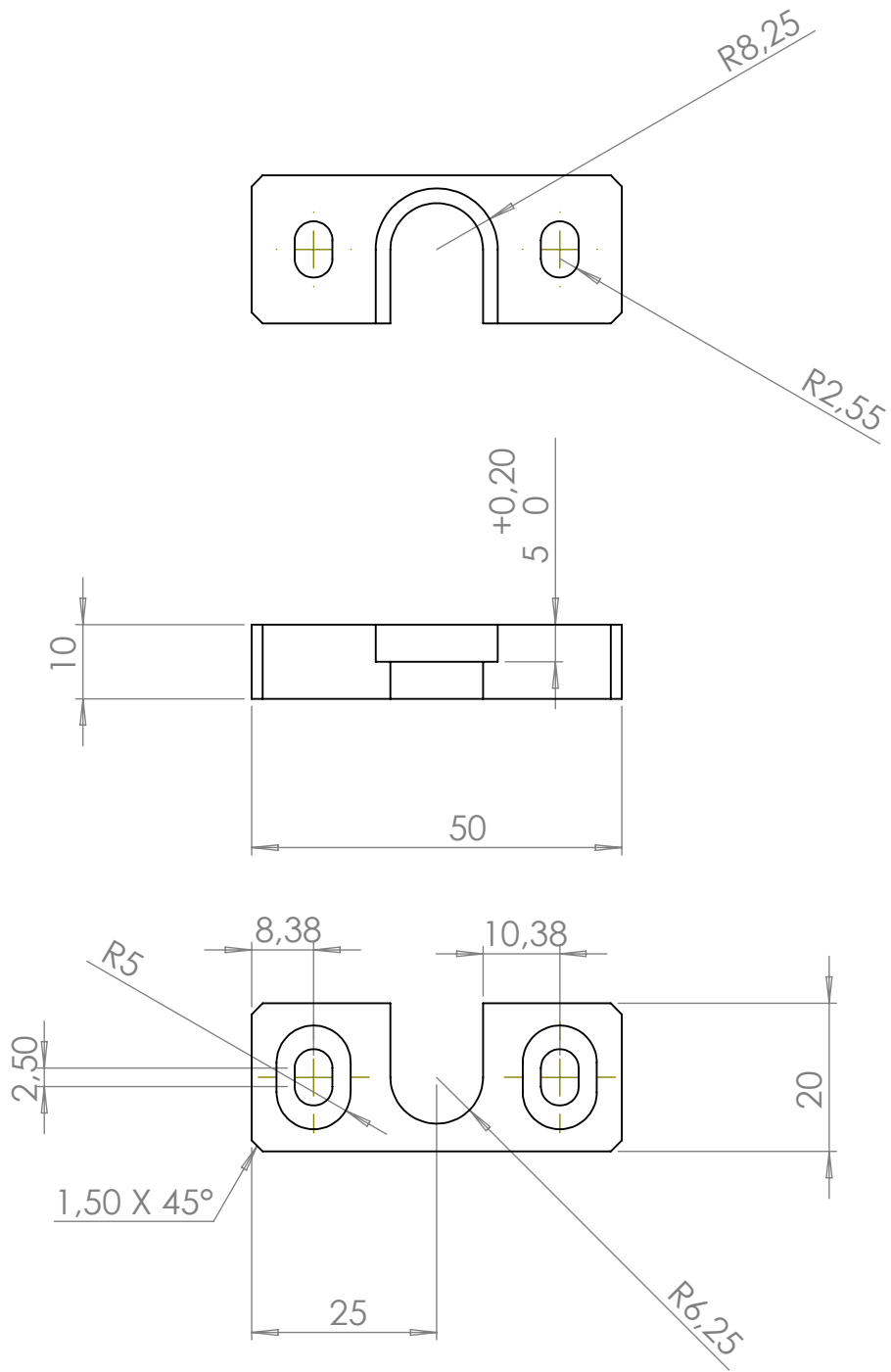
Rev.	Data	Alteração				
Toleranciamento ISO 8015		Data	Nome	Material CK45		E
Tolerancias gerais ISO 2768-mH		Desenhado	M. Rodrigues	Dureza:		Acabamento:
Rogosidades gerais ISO 1302		Visto	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:	C
Cantos e chanfros gerais ISO 13715		Aprovado	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	Cliente: 000
Escala: 1:1	Formato: A4	Projecto:		Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente: B
		Desenho Nº MN-000-051-00002			Designação A	




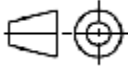
Rev.	Data	Alteração					
Toleranciamento ISO 8015		Data	Nome	Material		E	
Tolerancias gerais ISO 2768-mH		Desenhado	M. Rodrigues	Dureza:		Acabamento:	D
Rugosidades gerais ISO 1302		Visto	J. Necho	Quantidade:		Tratamento:	
Cantos e chanfros gerais ISO 13715		Aprovado	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	Cliente: 000	C
Escala: 1:1	Formato: A4	Projecto:		Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente:	B
		Desenho Nº MN-000-051-00003			Designação		A

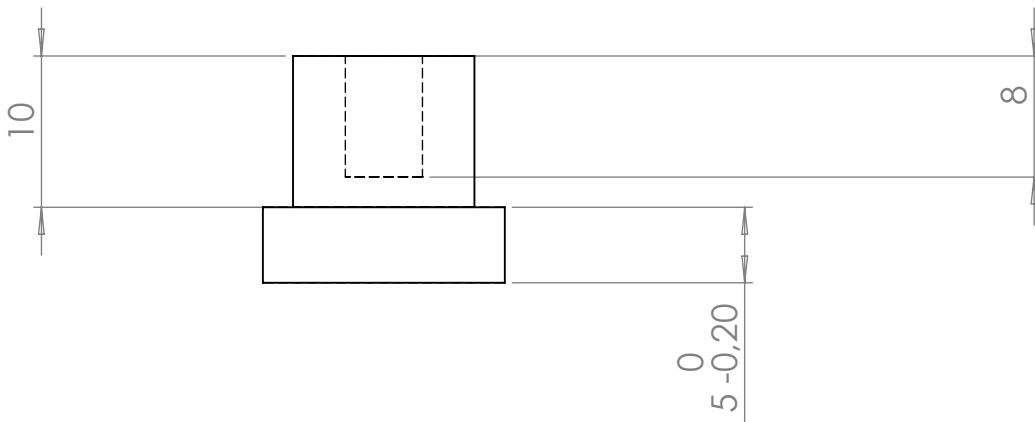
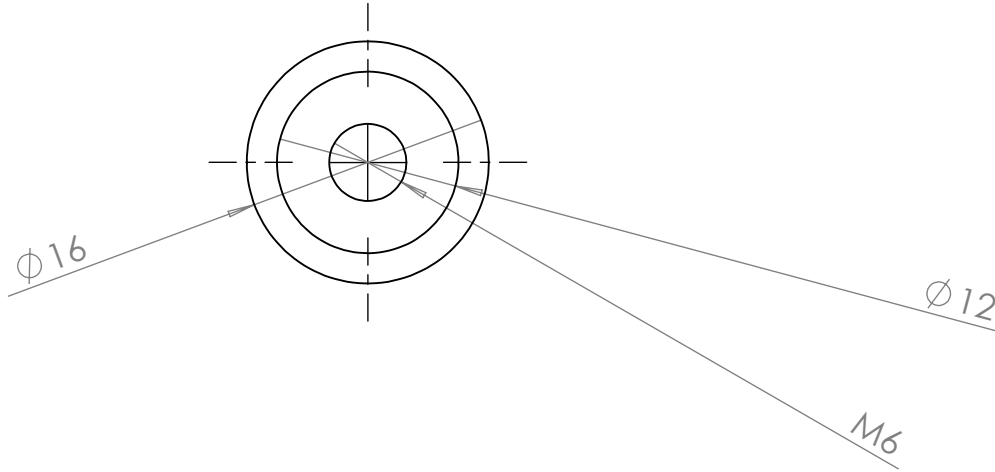
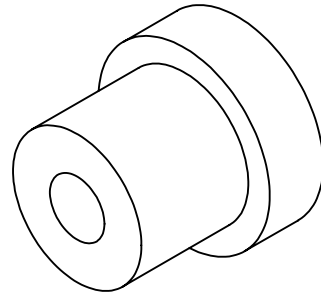


Rev.	Data	Alteração					
Toleranciamento		Data	Nome	Material		E	
ISO 8015				CK45			
Tolerancias gerais		Desenhado	2/5/2016	M. Rodrigues	Dureza:	Acabamento:	D
ISO 2768-mH		Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:	
Rogosidades gerais		Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	C
ISO 1302							
Cantos e chanfros gerais							
ISO 13715							
Escala:	Formato:	Projecto:		Nº Projecto:	Substitui:	Cliente:	C
1:1	A4					000	
		Desenho N°		Designação		Ref. Cliente:	B
		MN-000-051-00004					A


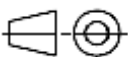


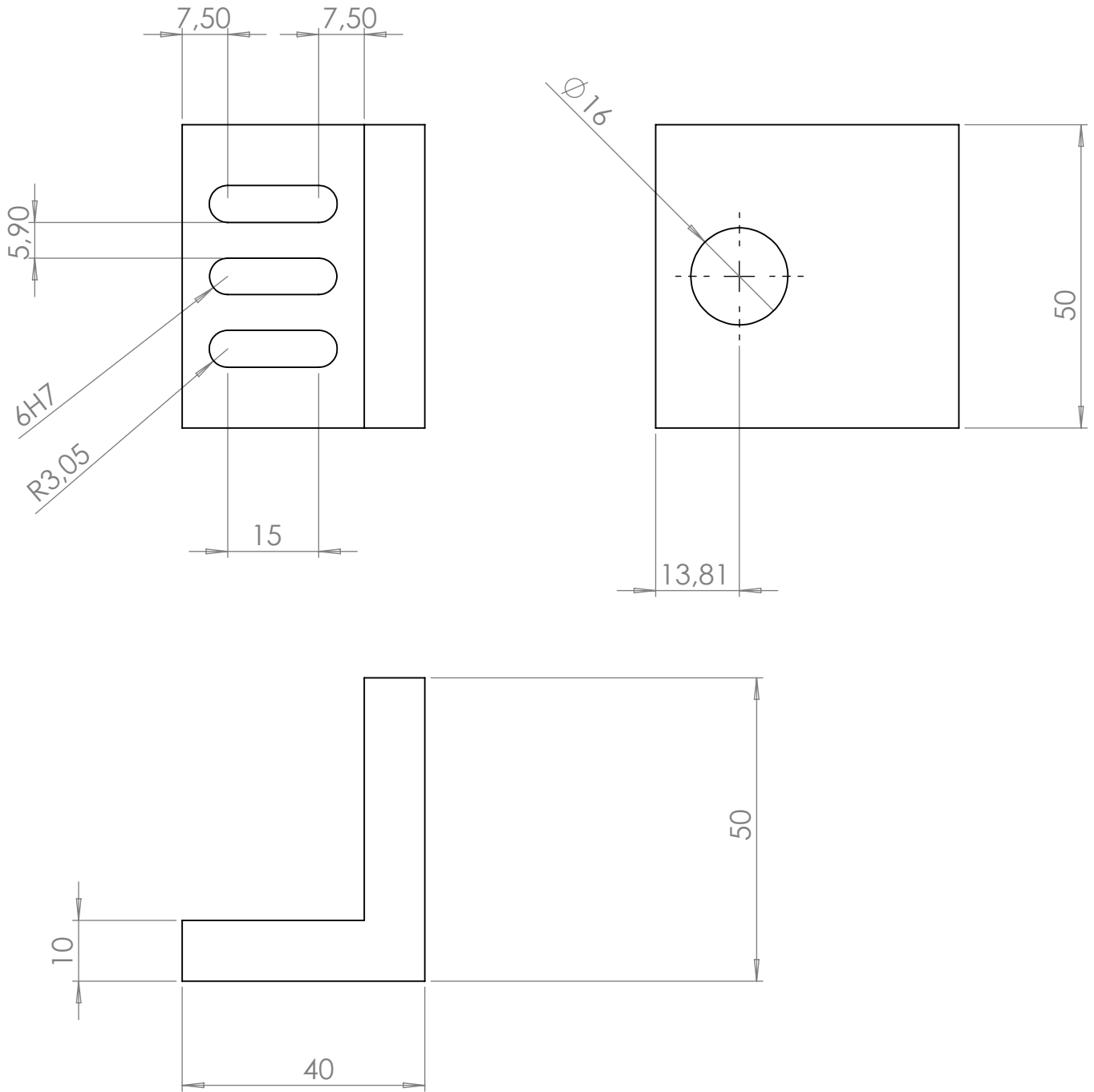
Rev.	Data	Alteração


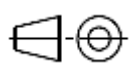
Toleranciamento ISO 8015		Data	Nome	Material CK45			E
Tolerancias gerais ISO 2768-mH		Desenhado	2/5/2016	M.Rodrigues	Dureza:		Acabamento:
Rogosidades gerais ISO 1302		Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:	C
Cantos e chanfros gerais ISO 13715		Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	B
Escala: 1:1	Formato: A4	Projecto:			Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente:
		Desenho Nº MN-000-051-00005			Designação		A

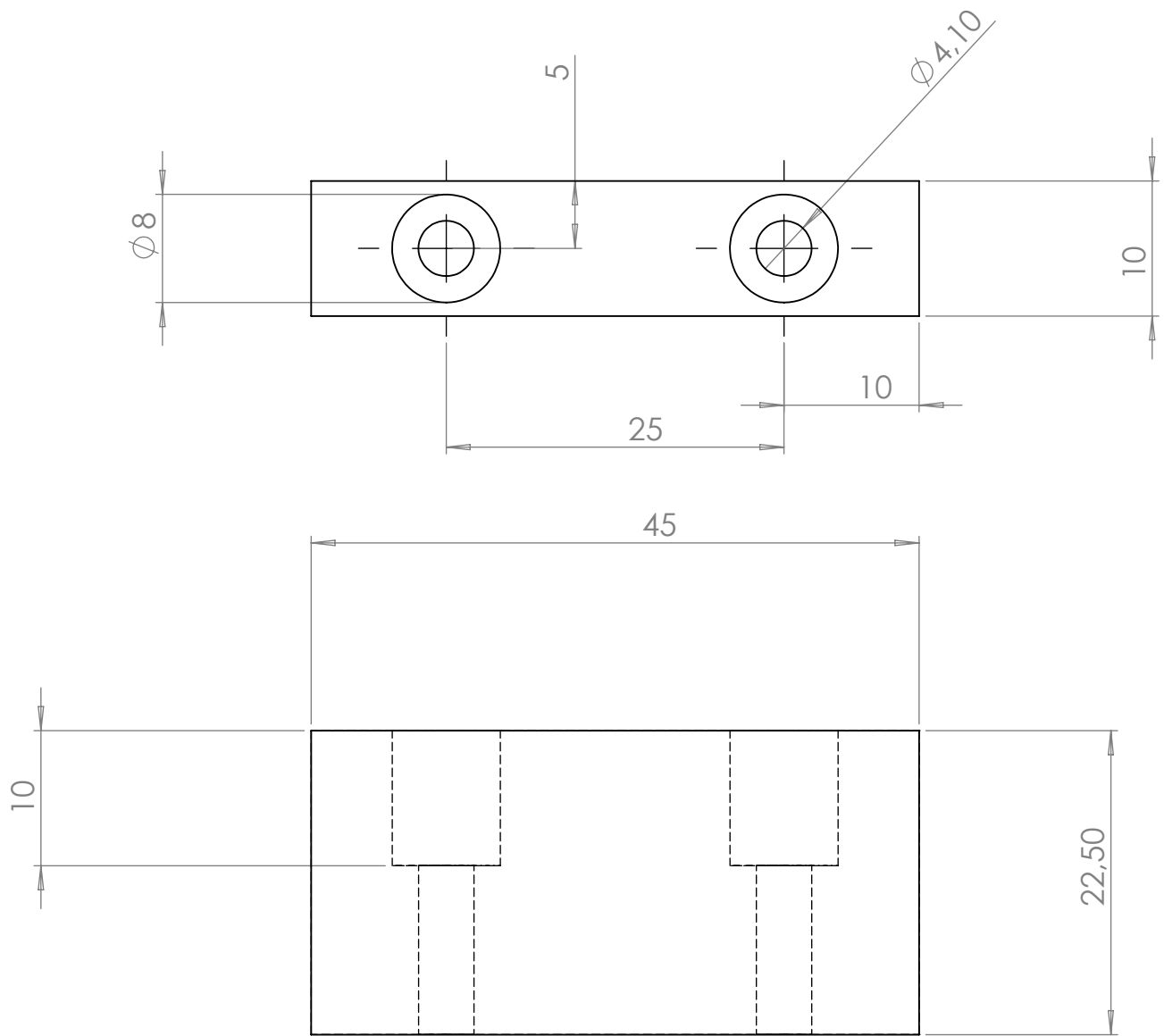




Rev.	Data	Alteração

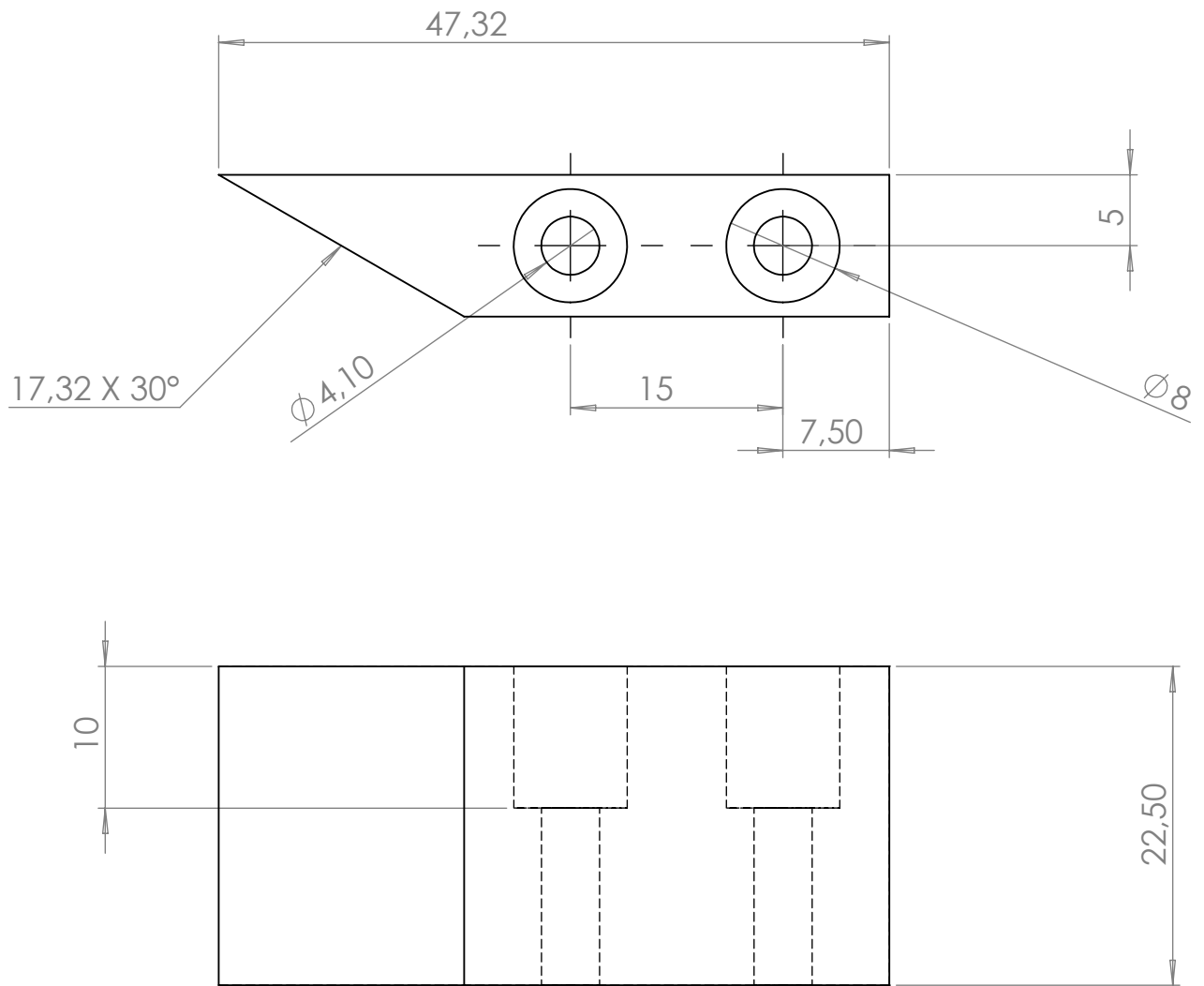
Toleranciamento ISO 8015	Data	Nome	Material INOX		E	
Tolerancias gerais ISO 2768-mH	Desenhado 2/5/2016	M.Rodrigues	Dureza:		Acabamento:	D
Rugosidades gerais ISO 1302	Visto 9/5/2016	J. Necho	Quantidade:		Tratamento:	C
Cantos e chanfros gerais ISO 13715	Aprovado 9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	000	C
Escala: 2:1	Formato: A4	Projecto:	Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente:	B
		Desenho Nº MN-000-051-00006		Designação		A


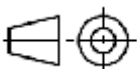


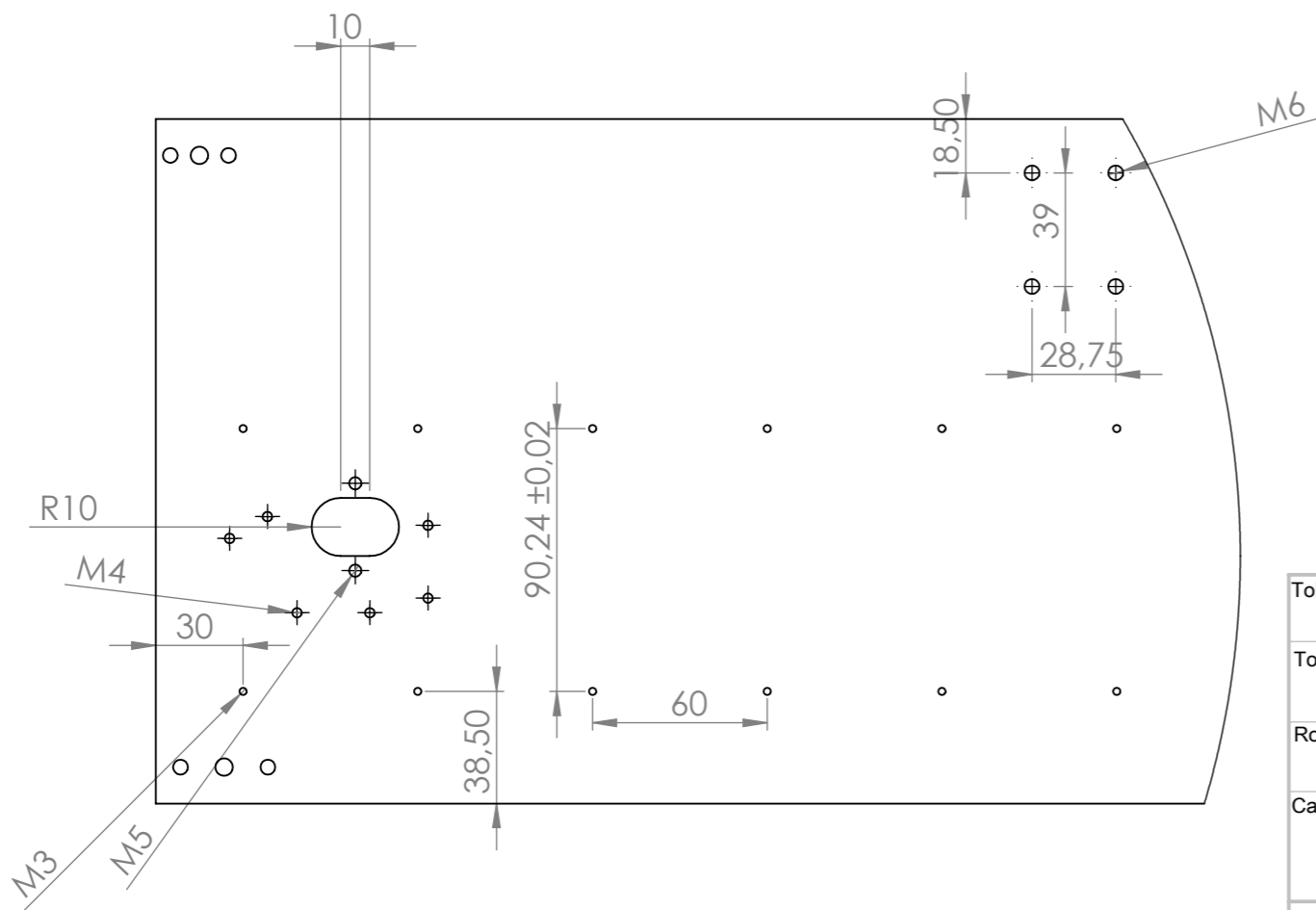
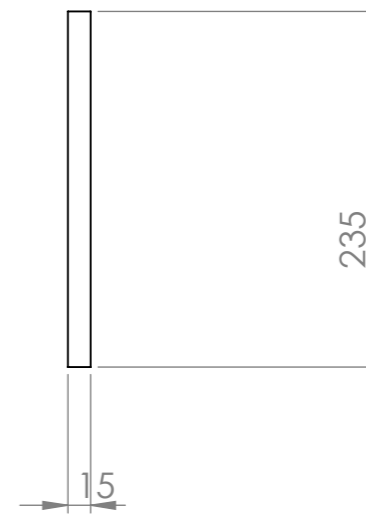
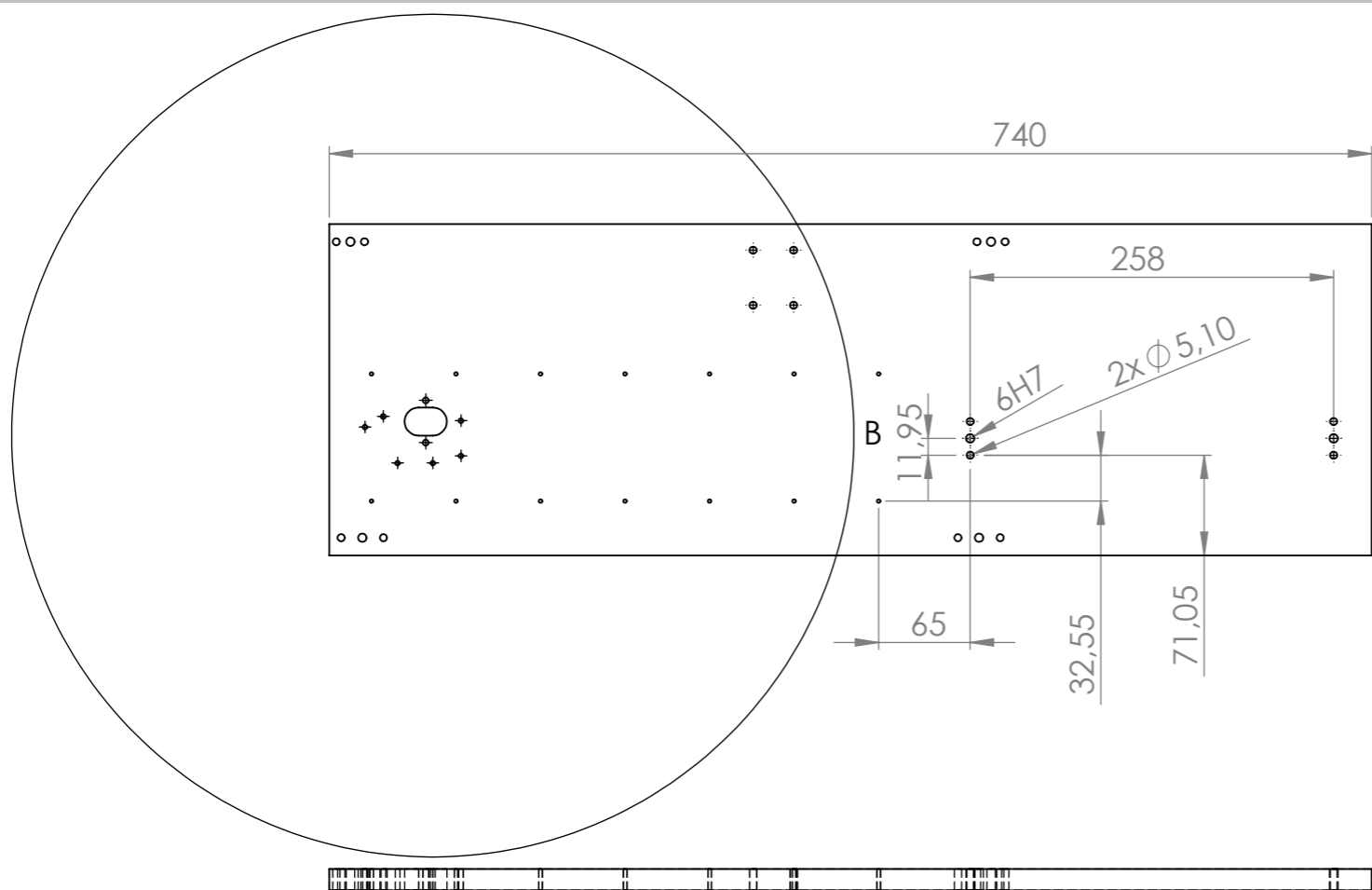
Rev.	Data	Alteração					
Toleranciamento ISO 8015			Data	Nome	Material Alumínio		E
Tolerancias gerais ISO 2768-mH		Desenhado	2/5/2016	M. Rodrigues	Dureza: Acabamento:		D
Rugosidades gerais ISO 1302		Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade: Tratamento:	Cliente: 000	C
Cantos e chanfros gerais ISO 13715		Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto: Medida em bruto:		Ref. Cliente:
Escala: 1:1	Formato: A4	Projecto:			Nº Projecto:	Substitui:	
		Desenho Nº MN-000-051-00007			Designação		A




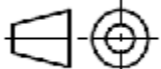
Rev.	Data	Alteração						
Toleranciamento ISO 8015		Data	Nome	Material NYLON		E		
Tolerancias gerais ISO 2768-mH		Desenhado	2/5/2016	M. Rodrigues		Dureza:	Acabamento:	D
Rogosidades gerais ISO 1302		Visto	9/5/2016	J. Necho		Quantidade:	Tratamento:	
Cantos e chanfros gerais ISO 13715		Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	Cliente: 000	C
Escala: 2:1	Formato: A4	Projecto:			Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente:	B
		Desenho Nº MN-000-051-00008			Designação		A	

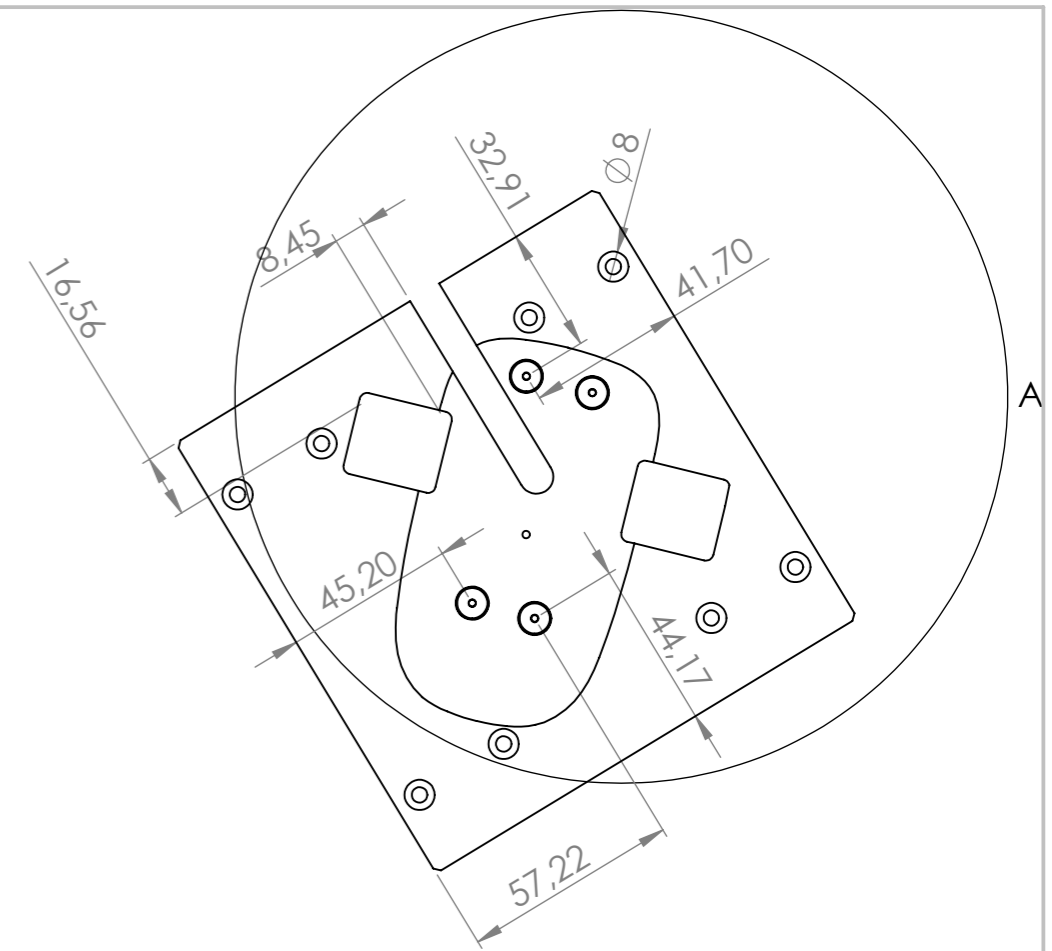
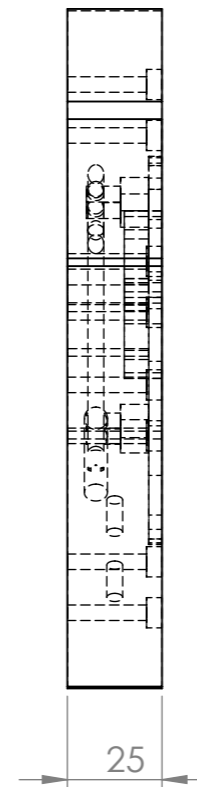
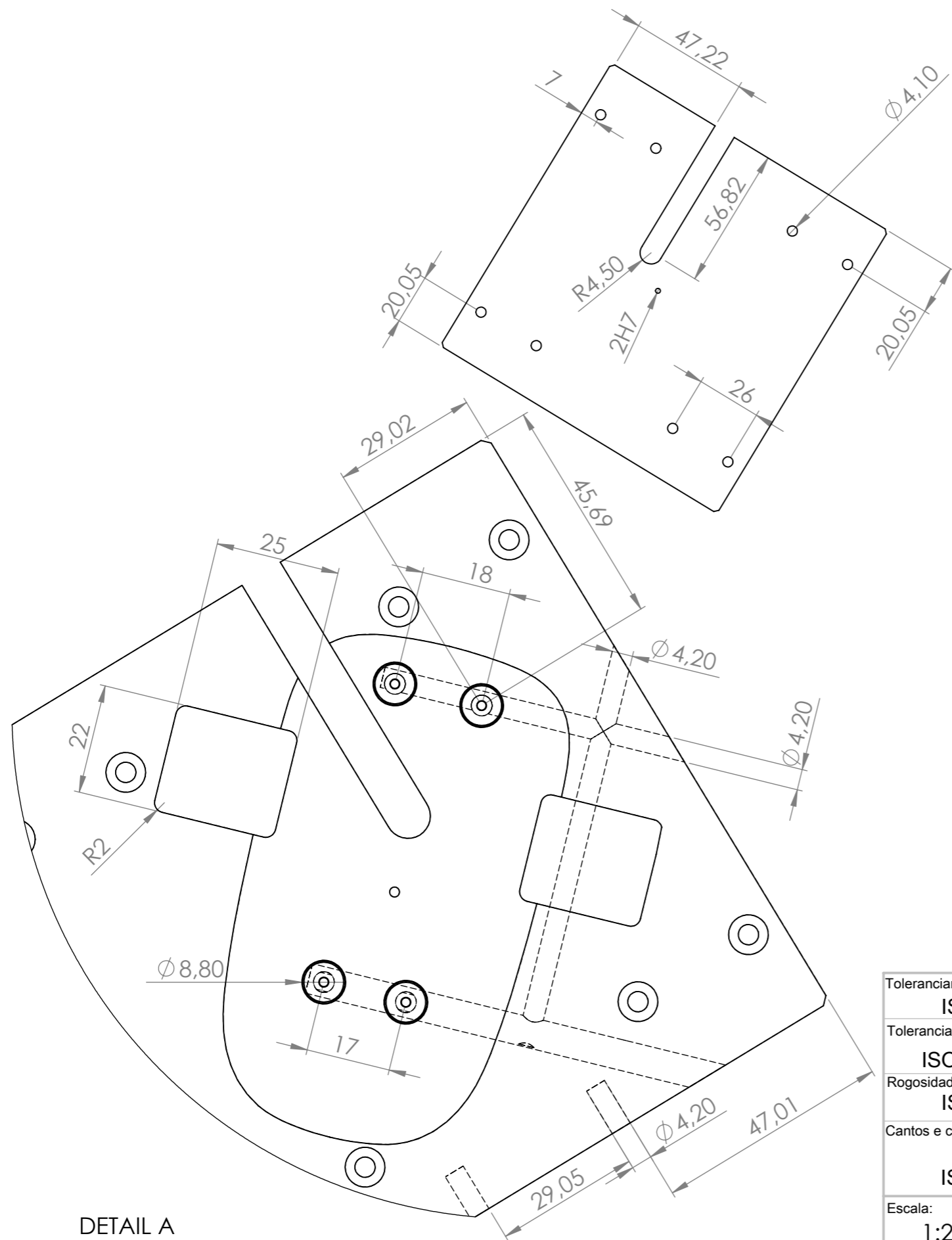


Rev.	Data	Alteração						
Toleranciamento ISO 8015			Data	Nome	Material	NYLON		E
Tolerancias gerais ISO 2768-mH		Desenhado	2/5/2016	M. Rodrigues	Dureza:	Acabamento:		D
Rogosidades gerais ISO 1302		Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:		
Cantos e chanfros gerais ISO 13715		Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	Cliente: 000	C
Escala: 2:1	Formato: A4	Projecto:			Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente:	B
		Desenho Nº MN-000-051-00009				Designação		A



DETAIL B
SCALE 2 : 5

Toleranciamento ISO 8015		Data	Nome	Material Alumínio		E
Tolerancias gerais ISO 2768-mH	Desenhado	2/5/2016	M. Rodrigues	Dureza: Acabamento:		D
Rogosidades gerais ISO 1302	Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade: Tratamento:	Cliente: 000	C
Cantos e chanfros gerais ISO 13715	Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto: Medida em bruto:		Ref. Cliente:
Escala: 1:5	Formato: A3	Projecto:		Nº Projecto: Substitui:		
				Desenho Nº MN-000-051-00010	Rev. Designação	

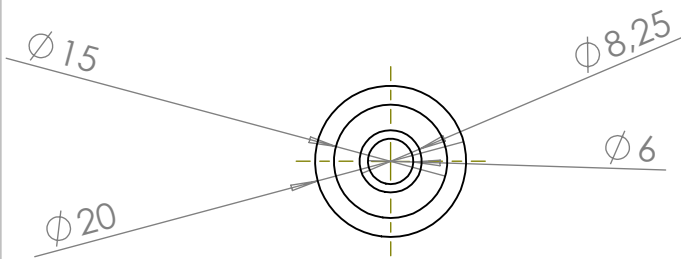


DETAIL A
SCALE 1 : 1

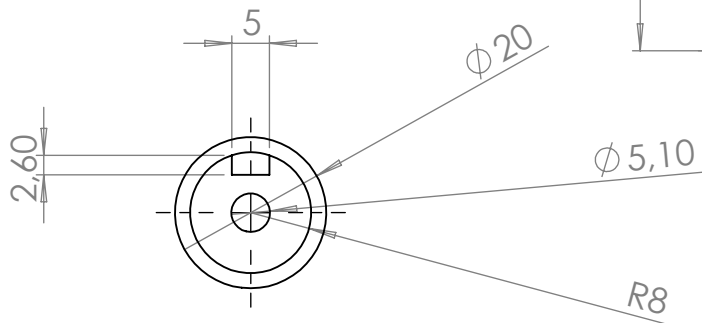
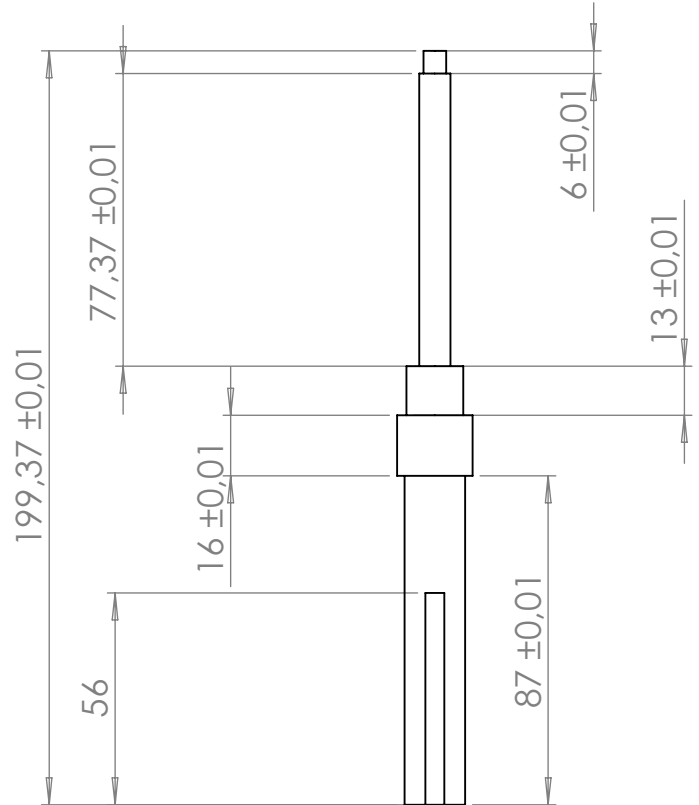
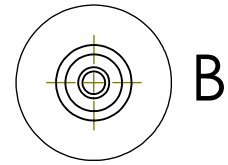
Toleranciamento ISO 8015		Data	Nome	Material Alumínio		E
Tolerancias gerais ISO 2768-mH	Desenhado	2/5/2016	M. Rodrigues	Dureza:	Acabamento:	D
Rogosidades gerais ISO 1302	Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:	C
Cantos e chanfros gerais ISO 13715	Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	B
Escala: 1:2	Formato: A3	Projecto:		Nº Projecto:	Substitui:	A
Desenho Nº MN-000-051-00011				Rev.	Designação	



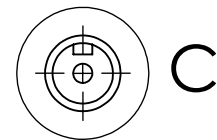
Cliente:
000
Ref. Cliente:



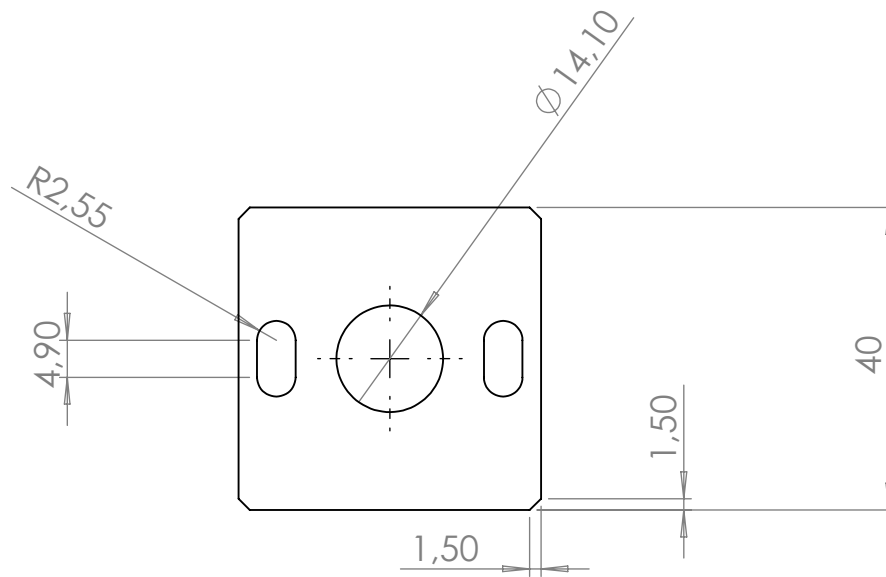
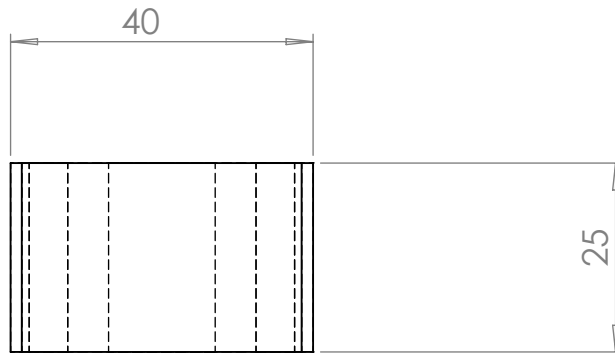
DETAIL B
SCALE 1 : 1




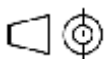
DETAIL C
SCALE 1 : 1

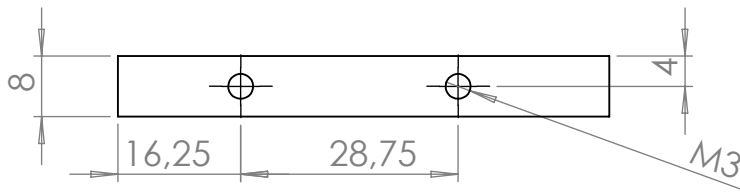
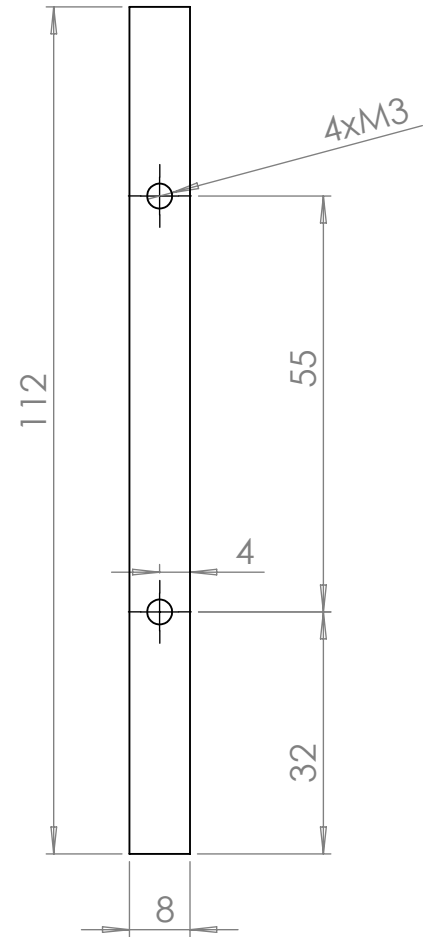
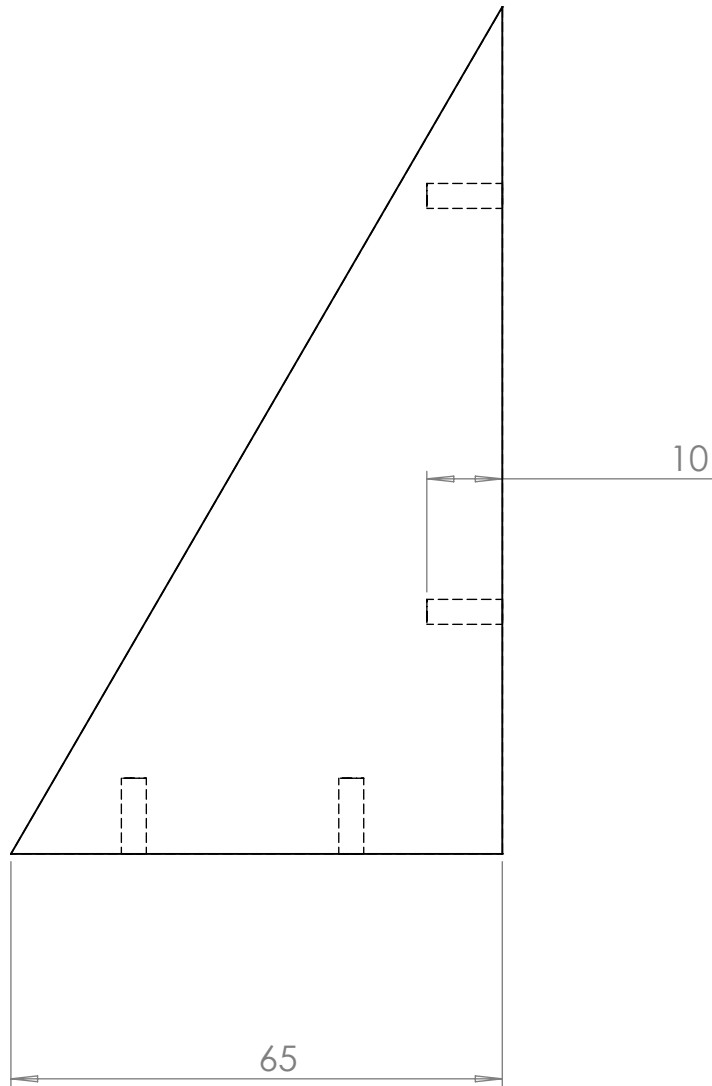



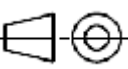
Rev.	Data	Alteração						
Toleranciamento			Data	Nome	Material			E
ISO 8015					FR3			
Tolerancias gerais			Desenhado	M. Rodrigues	Dureza:	Acabamento:		D
ISO 2768-mH			3/5/2016					
Rogosidades gerais			Visto	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:		
ISO 1302			9/5/2016					
Cantos e chanfros gerais			Aprovado	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto	Cliente:	C
ISO 13715			9/5/2016				000	
Escala:	Formato:	Projecto:			Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente:	B
1:2	A4							
			Desenho Nº			Designação		A
			MN-000-051-00012					

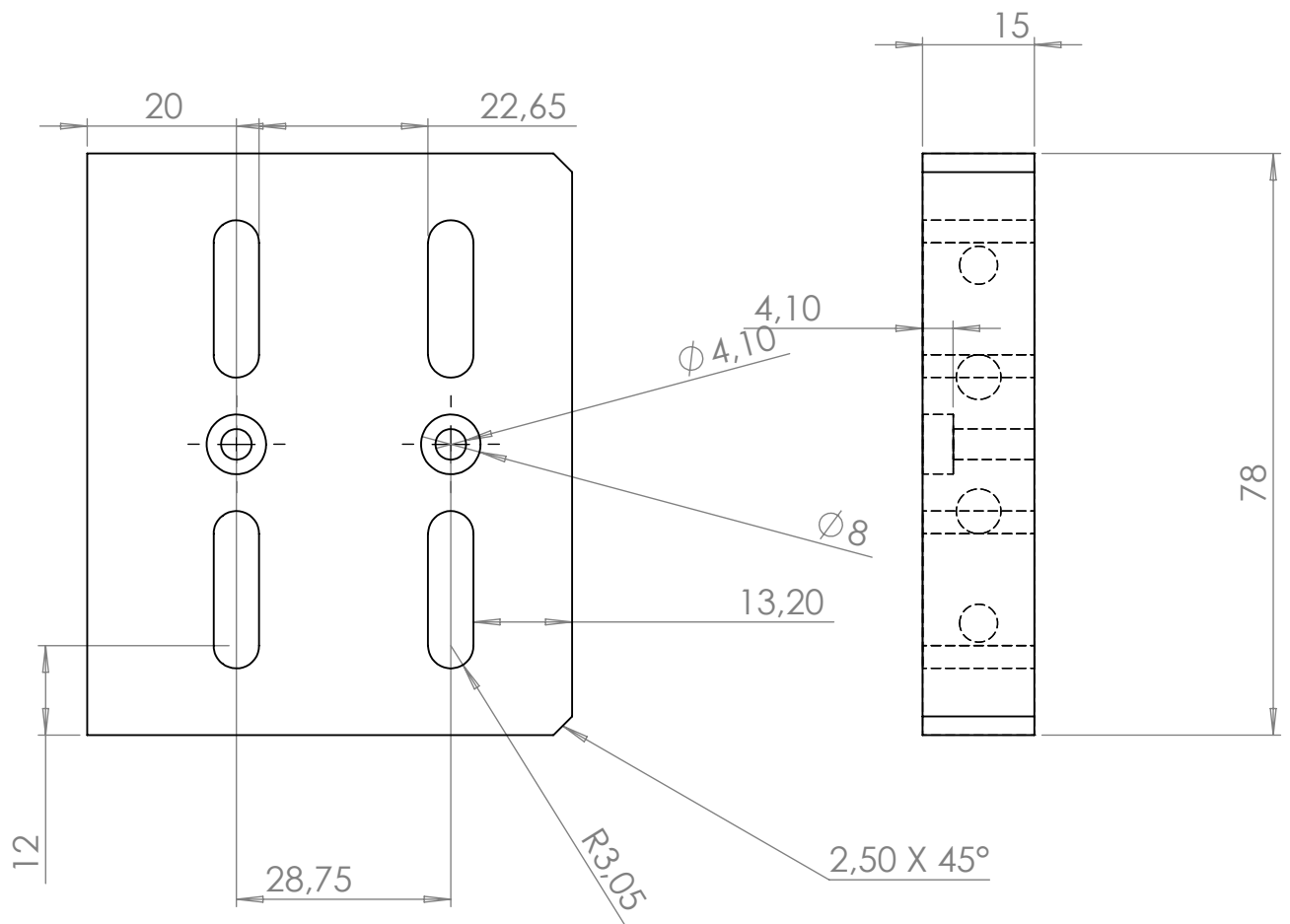



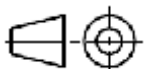
Rev.	Data	Alteração					
Toleranciamento		Data	Nome	Material	CK45		E
ISO 8015							
Tolerancias gerais		Desenhado	3/5/2016	M. Rodrigues	Dureza:	Acabamento:	C
ISO 2768-mH		Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:	
Rogosidades gerais		Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	000
ISO 1302							
Cantos e chanfros gerais		Projecto:			Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente:
ISO 13715							B
Escala:	Formato:	Desenho Nº		Designação		A	
1:1	A4	MN-000-051-00013					

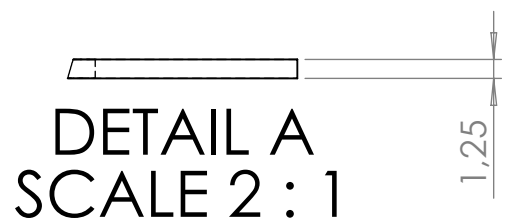
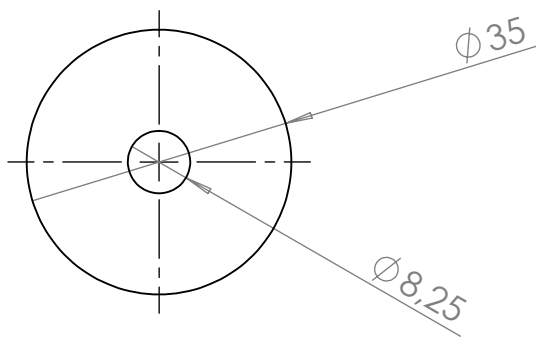
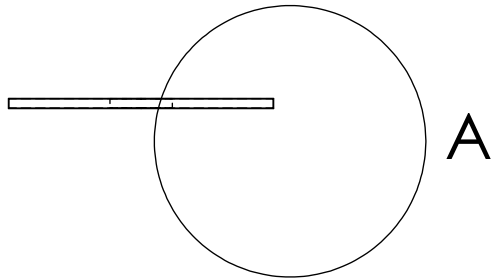


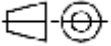


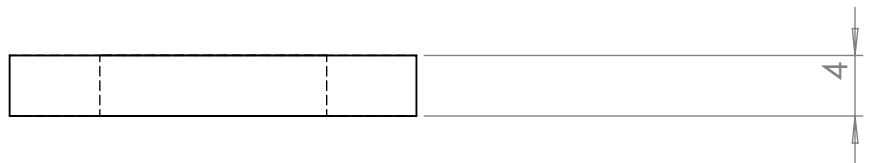
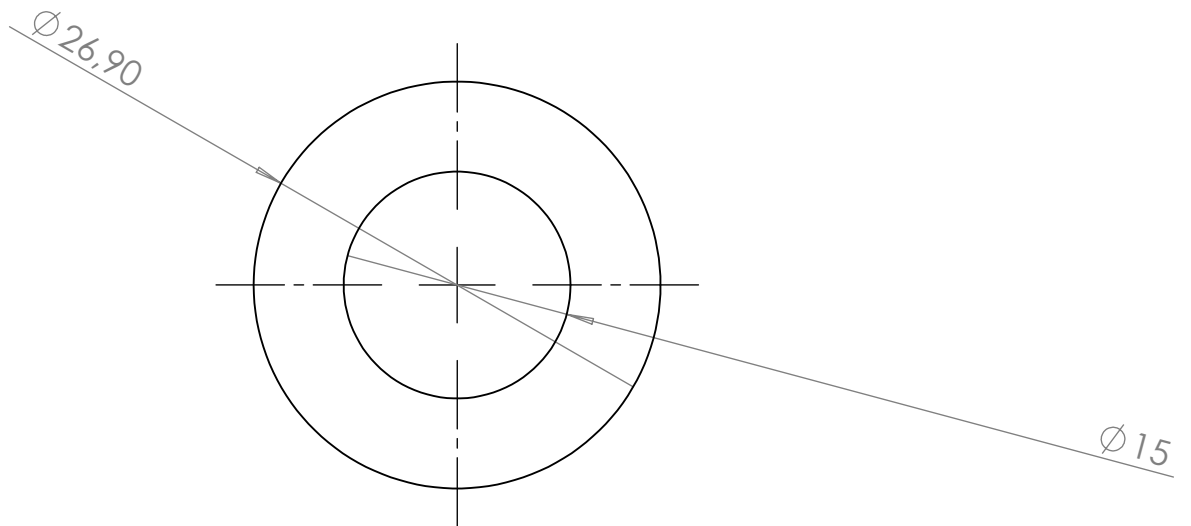
Rev.	Data	Alteração						
Toleranciamento ISO 8015		Data	Nome	Material	CK45		E	
Tolerancias gerais ISO 2768-mH		Desenhado	3/5/2016	M. Rodrigues	Dureza:		Acabamento:	D
Rogosidades gerais ISO 1302		Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:		
Cantos e chanfros gerais ISO 13715		Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	Cliente: 000	C
Escala: 1:1	Formato: A4	Projecto:		Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente:	B	
		Desenho Nº			Designação		A	
		MN-000-051-00014						


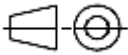


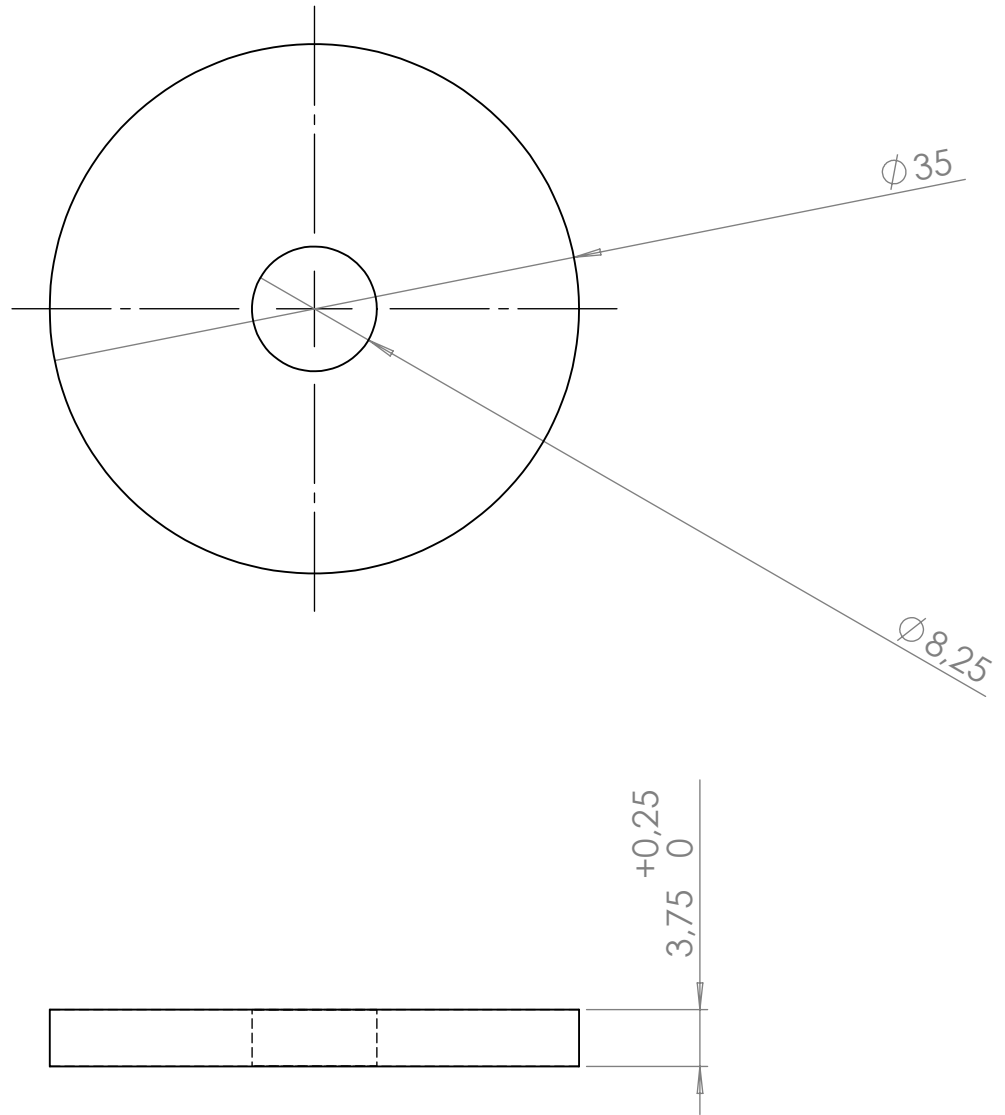
Rev.	Data	Alteração						
Toleranciamento	ISO 8015	Data	Nome	Material	CK45		E	
Tolerancias gerais	ISO 2768-mH	Desenhado	3/5/2016	M. Rodrigues	Dureza:		Acabamento:	D
Rugosidades gerais	ISO 1302	Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:	C	
Cantos e chanfros gerais	ISO 13715	Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	Cliente:	
Escala:	1:1	Formato:	A4	Projecto:	Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente:	B
		Desenho Nº				Designação		A
		MN-000-051-00015						





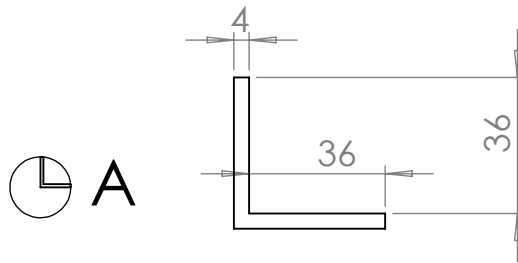
Rev.	Data	Alteração						
Toleranciamento ISO 8015		Data	Nome	Material	CK45		E	
Tolerancias gerais ISO 2768-mH		Desenhado	3/5/2016	M. Rodrigues	Dureza:		Acabamento:	D
Rogosidades gerais ISO 1302		Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade:		Tratamento:	
Cantos e chanfros gerais ISO 13715		Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	Cliente: 000	C
Escala: 1:1	Formato: A4	Projecto:			Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente:	B
		Desenho Nº MN-000-015-00016				Designação		A



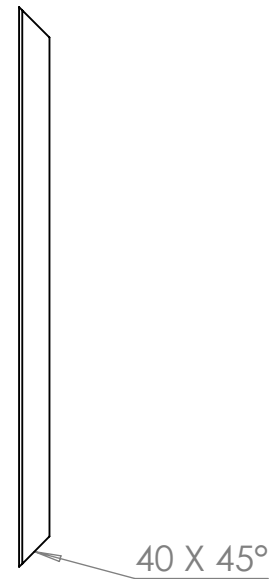
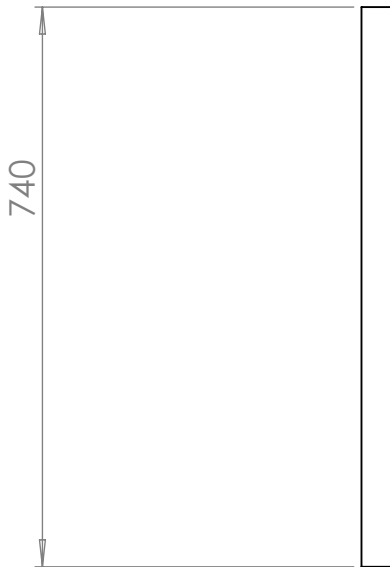
Rev.	Data	Alteração					
Toleranciamento ISO 8015		Data	Nome	Material	CK45		E
Tolerancias gerais ISO 2768-mH		Desenhado	3/5/2016	M. Rodrigues	Dureza:		Acabamento:
Rogosidades gerais ISO 1302		Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:	
Cantos e chanfros gerais ISO 13715		Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	C
Escala: 2:1	Formato: A4	Projecto:		Nº Projecto:	Substitui:	Cliente: 000	B
		Desenho Nº MN-000-051-00017			Designação		A


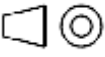


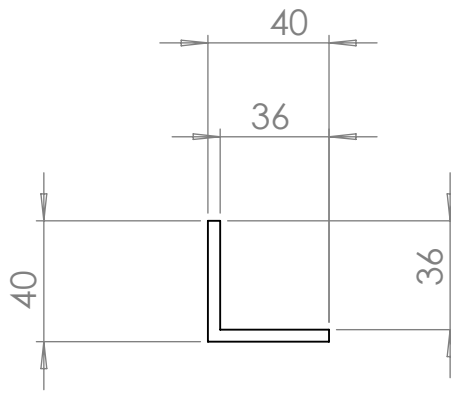
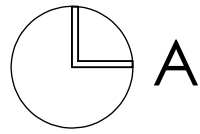
Rev.	Data	Alteração						
Toleranciamento ISO 8015		Data	Nome	Material	CK45		E	
Tolerancias gerais ISO 2768-mH		Desenhado	3/5/2016	M. Rodrigues	Dureza:		Acabamento:	D
Rugosidades gerais ISO 1302		Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:		
Cantos e chanfros gerais ISO 13715		Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	Cliente: 000	C
Escala: 2:1	Formato: A4	Projecto:			Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente:	B
		Desenho Nº MN-000-051-00018				Designação		A



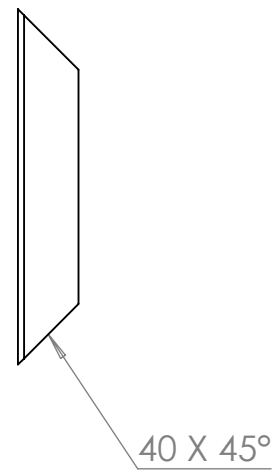
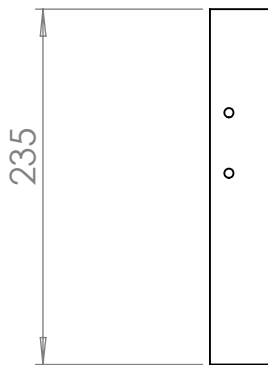
DETAIL A SCALE 1 : 2



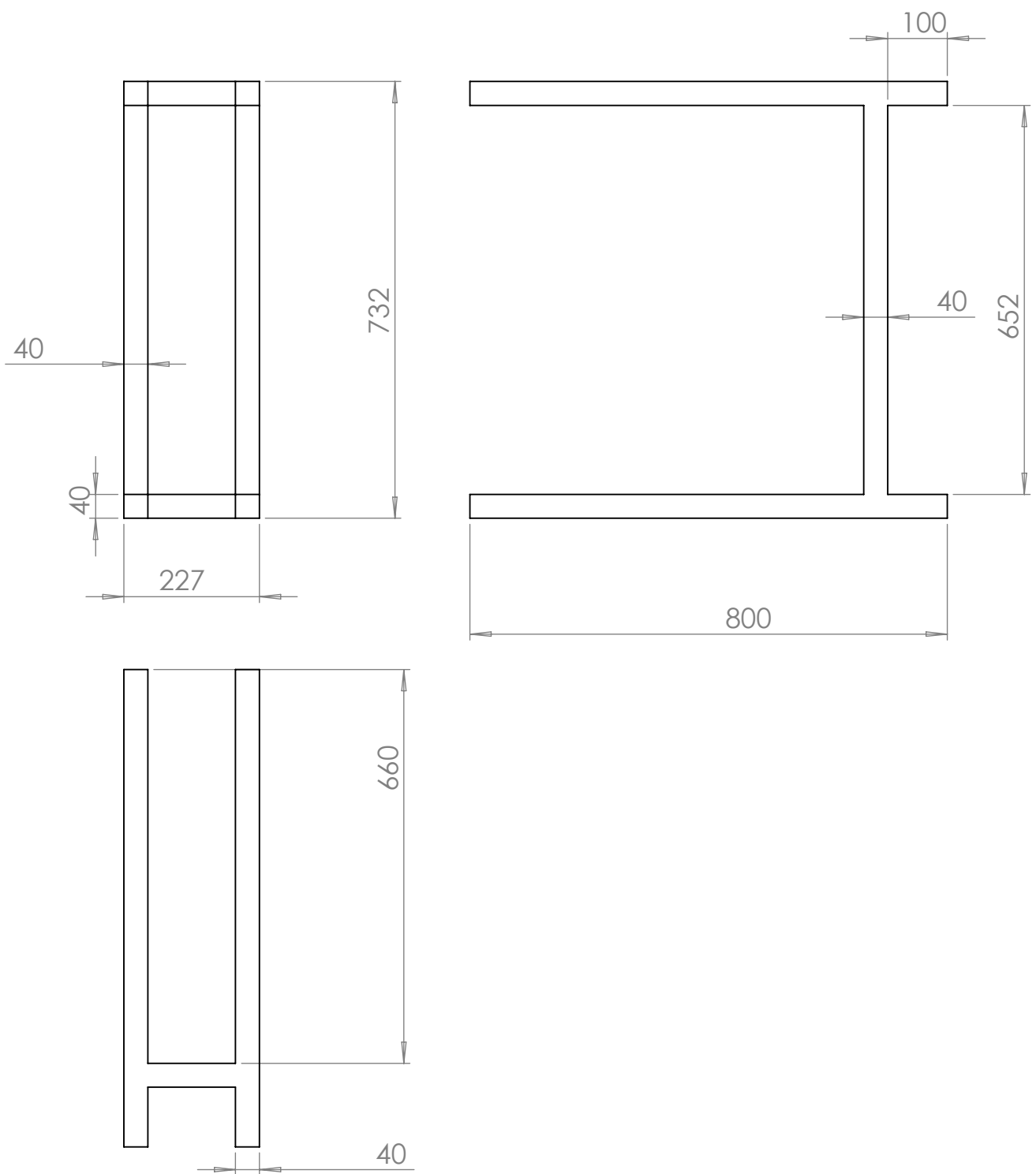
Rev.	Data	Alteração					
Toleranciamento ISO 8015		Data	Nome	Material	ST37		E
Tolerancias gerais ISO 2768-mH		Desenhado	M. Rodrigues	Dureza:	Acabamento:		D
Rogosidades gerais ISO 1302		Visto	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:	Cliente: 000	C
Cantos e chanfros gerais ISO 13715		Aprovado	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:		Ref. Cliente: B
Escala: 1:10	Formato: A4	Projecto:		Nº Projecto:	Substitui:	Designação A	
		Desenho Nº			Designação		
		MN-000-051-00019					





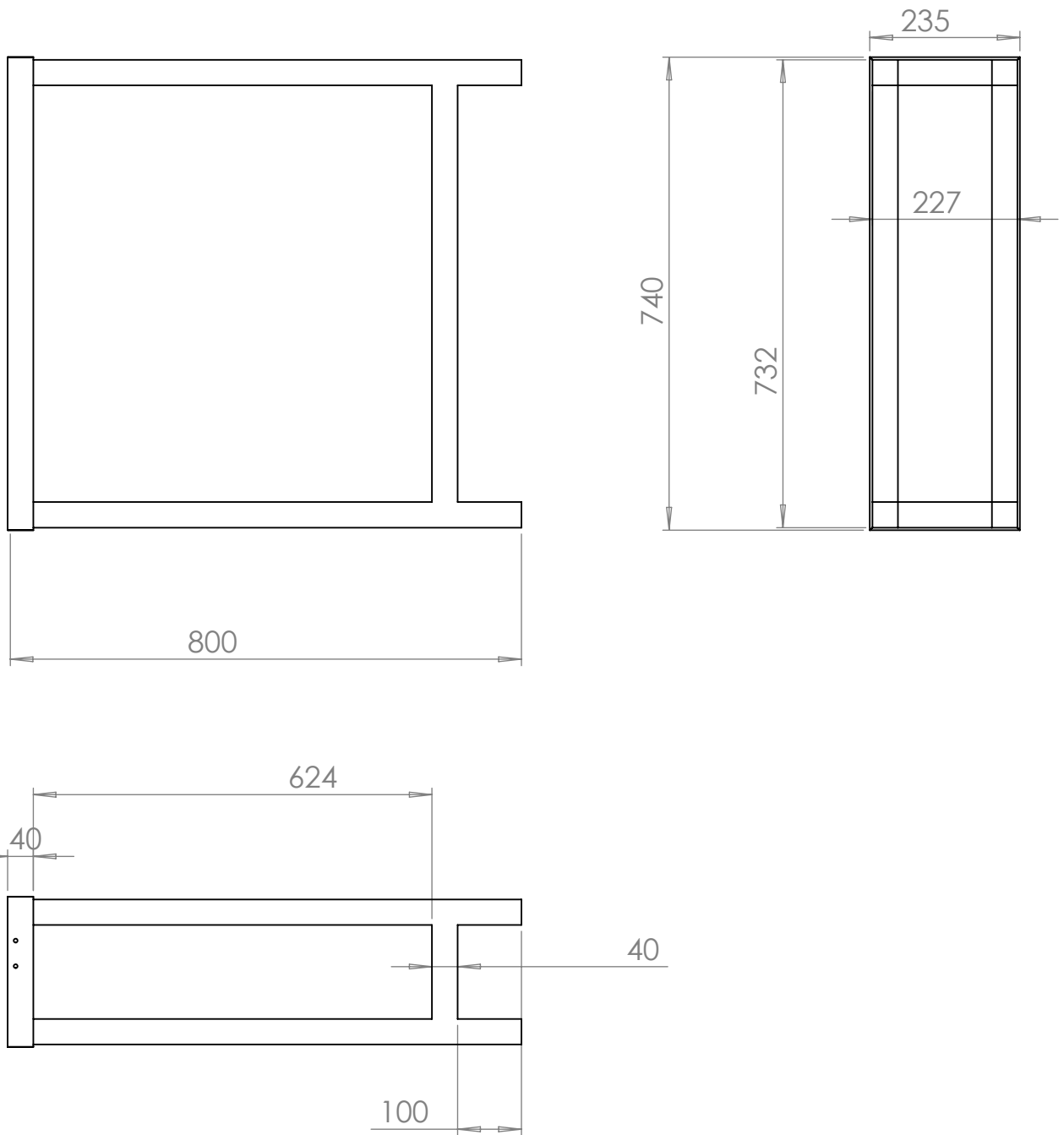
DETAIL A
SCALE 1:1



Rev.	Data	Alteração					
Toleranciamento ISO 8015		Data	Nome	Material	ST37	E	
Tolerancias gerais ISO 2768-mH		Desenhado	3/5/2016	M. Rodrigues	Dureza:	Acabamento:	MND
Rogosidades gerais ISO 1302		Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:	
Cantos e chanfros gerais ISO 13715		Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	Cliente: 000
Escala: 1:5	Formato: A4	Projecto:		Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente:	B
		Desenho Nº			Designação		A
		MN-000-051-00020					



Rev.	Data	Alteração					
Toleranciamento		Data	Nome	Material	ST37		E
Tolerancias gerais		Desenhado	M. Rodrigues	Dureza:	Acabamento:		D
Rogosidades gerais		Visto	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:		
Cantos e chanfros gerais		Aprovado	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	Cliente:	C
Escala:		Formato:	Projecto:	Nº Projecto:	Substitui:	Ref. Cliente:	B
1:10		A4				000	
		Desenho Nº			Designação		A
		MN-000-051-00021					



Rev.	Data	Alteração					
Toleranciamento		Data	Nome	Material	ST37		E
ISO 8015							
Tolerancias gerais		Desenhado	3/5/2016	M. Rodrigues	Dureza:	Acabamento:	D
ISO 2768-mH		Visto	9/5/2016	J. Necho	Quantidade:	Tratamento:	
Rugosidades gerais		Aprovado	9/5/2016	J. Necho	Pos. Conjunto:	Medida em bruto:	C
ISO 1302							000
Cantos e chanfros gerais		Projecto:			Nº Projecto:	Substitui:	B
ISO 13715							
Escala:	Formato:						
1:10	A4						
		Desenho Nº			Designação		A
		MN-000-051-00022					

