

Desenvolvimento de uma Unidade de Doseamento de Sólidos para Reatores

Rúben Faria Marques

Dissertação do MIEM

Orientador na PARALAB: Engenheiro Rui Soares

Orientador na FEUP: Prof. Dr. Joaquim Gabriel



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

Julho de 2015

Resumo

O doseamento é um procedimento comum nas indústrias química e farmacêutica destinando-se à obtenção de misturas precisas dos seus componentes. Naturalmente, a qualidade do produto final obtido depende grandemente do rigor do processo de doseamento.

Neste contexto, a empresa PARALAB (empresa ligada a comercialização e fabrico de equipamentos científicos) propôs o desenvolvimento de um doseador de pó para a indústria química em geral capaz de suportar pressões até 1 MPa com capacidade para 3 L.

Para este projeto optou-se por um sistema de doseamento por duplo fuso, próprio para materiais de difícil dosagem. O doseador foi projetado no software de modelação 3D Solidworks e a resistência mecânica dos seus componentes mais críticos validados no software Abaqus.

O doseador é composto por um depósito em formato cónico, acoplado a um sistema de doseamento, com 2 fusos e uma caixa transmissora, acionada por um motor passo-a-passo controlado por um microcontrolador do tipo Arduino.

O doseador está suspenso por um sensor de força que comunica através do protocolo RS 485 com o microcontrolador. O doseamento é feito avaliando a perda de peso em relação ao valor inicial.

O microcontrolador foi programado em C++ usando o software Arduino IDE versão 1.6.4. Este comunica com o computador através de uma porta USB usando uma aplicação desenvolvida em LabVIEW. O funcionamento do conjunto, motor e célula de carga, bem como o algoritmo de controlo (baseado num controlador proporcional), foi testado com sucesso em laboratório.

As peças mecânicas foram maquinadas de acordo com o projeto, e todo o conjunto montado na empresa.

Development of a solids dosage unit for reactors

Abstract

Dosing is a common procedure used in chemical and pharmaceutical industries to obtain precise mixtures. The quality and repeatability of the final product depends on the accuracy of this process.

The PARALAB (company that manufactures and marketing scientific equipment) proposed the development of a 3L automatic powder feeder for chemical industry able to withstand pressures up to 1 MPa.

For this project it was chosen a dosing system based on a dual shaft design suitable for difficult materials dosing. The feeder was designed in SolidWorks (3D modeling software) and the mechanical strength of the critical components were validated in Abaqus software.

The feeder consists of a conical deposit, coupled with a dosing system with two shafts and a transmitter box. The set is driven by a step motor controlled by an Arduino microcontroller.

The feeder is suspended by a force sensor that communicates via RS 485 the measured weight to the microcontroller. Then it calculates the dosed quantity, by subtracting the weight in the beginning of the process.

The microcontroller is programmed in C++ using the Arduino IDE version 1.6.4. It communicates with the computer through a USB port using an application developed in LabVIEW software application.

The set, motor control and load cell, was successfully tested, as well as, the proportional controller algorithm implanted.

The mechanical parts were machined according with the drawings and the whole system mounted in the company.

Agradecimentos

Quero antes de mais agradecer ao Prof. Dr. Joaquim Gabriel pela disponibilidade em orientar este projeto. Agradeço também os valiosos conselhos e acima de tudo a confiança que depositou em mim.

À empresa PARALAB, representada pelo Sr. Eng. Rui Soares, que propôs este projeto, pelo apoio que me deu, juntamente com o Eng. Manuel Gouveia, para que ele se tornasse uma realidade.

Ao Ricardo Gomes e Rui Correia pelos conselhos e ajuda essencial na área da programação. Muito obrigado pela paciência.

A toda a minha família, e em particular aos meus pais, por tudo o que têm feito por mim sempre, mas em especial nos últimos anos.

À Rita, que me ajudou na revisão desta dissertação, apesar não ser da sua área.

Índice de Conteúdos

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	PARALAB.....	1
1.2	Objetivos	1
1.3	Organização da dissertação	2
2	ESTADO DA ARTE.....	3
3	PROJETO DA UNIDADE DE DOSEAMENTO	5
3.1	Projeto Mecânico	6
3.2	Projeto Eletrónico	17
3.2.1	Célula de Carga.....	17
3.2.2	Aquisição e amplificação de sinal.....	18
3.2.3	Placa de comunicação RS 485	18
3.2.4	Arduino.....	19
3.2.5	Motor	20
3.2.6	Drive do motor	20
3.2.7	Fonte de alimentação.....	21
3.2.8	Esquema elétrico.....	23
3.3	Programação.....	26
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
5	REFERÊNCIAS E BIBLIOGRAFIA	31
6	ANEXO A: TABELAS TÉCNICAS	32
7	ANEXO B: DESENHOS TÉCNICOS	35

Índice de Figuras

Figura 2.1 Doseador de fusos gémeos (K-Tron)	3
Figura 2.2 Doseador do tipo moinho (K-Tron)	3
Figura 2.3 Doseador de fuso simples (Parimix)	4
Figura 3.1 Arquitetura da solução proposta	5
Figura 3.2 Coeficiente de preenchimento (Arriola)	6
Figura 3.3 Veio pinhão	8
Figura 3.4 Caixa de transmissão em corte	8
Figura 3.5 Tampa da caixa	8
Figura 3.6 Transmissão veio trator-veios dos fusos	9
Figura 3.7 Veio dos fusos	9
Figura 3.8 Corte longitudinal do sistema doseador	10
Figura 3.9 Bocal	10
Figura 3.10 Acoplamento do rolamento em corte longitudinal	11
Figura 3.11 Fuso	11
Figura 3.12 Acoplamento do depósito ao doseador	12
Figura 3.13 Depósito	12
Figura 3.14 Simulação da pressão Abaqus	13
Figura 3.15 Ponto crítico Abaqus	14
Figura 3.16 Pormenor do depósito em corte	14
Figura 3.17 Doseador + depósito + célula de carga	15
Figura 3.18 Adaptador	15
Figura 3.19 Doseador sem adaptador.	16
Figura 3.20 Vista de cima do doseador sem depósito	16
Figura 3.21 Conexão do doseador ao reactor	17
Figura 3.22 Célula de carga OMEGA LCM101-10	18
Figura 3.23 Aquisição e amplificação de sinal ADAM-4016-A2E	18
Figura 3.24 Placa de comunicação RS 485 Linksprite	19
Figura 3.25 Arduino Leonardo	19
Figura 3.26 Motor passo-a-passo <i>nema 17</i>	20
Figura 3.27 Esquema de montagem do DRV8825 da Pololu	20
Figura 3.28 PCB	21
Figura 3.29 Fonte de alimentação 24 V D011688 da Delta	21
Figura 3.30 Montagem dos componentes eletrónicos 3D	22
Figura 3.31 Suporte da ventoinha	22
Figura 3.32 Esquema eléctrico	23
Figura 3.33 Montagem dos componentes eléctricos	24
Figura 3.34 Ligações do Arduino + placa RS485 + <i>drive</i> + motor-a-passo	24
Figura 3.35 Montagem do Doseador vista lateral	25
Figura 3.36 Montagem do Doseador vista de frente	25
Figura 3.37 Montagem dos fusos	25
Figura 3.38 Interior do depósito	26
Figura 3.39 Arduino programa	26
Figura 3.40 <i>Void setup</i>	27
Figura 3.41 <i>Void loop</i>	28
Figura 3.42 <i>Void loop part.2</i>	29

Índice de Tabelas

Tabela 6.1 Coeficiente de atrito do material.....	33
Tabela 6.2 Calibração Final.....	34

1 Introdução

O projeto seguinte enquadra-se no âmbito da Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, tendo sido desenvolvida na empresa Paralab. O principal foco deste trabalho incidiu no desenvolvimento de um doseador de sólidos para reatores. A importância de assegurar um doseamento preciso e seguro é um fator importante para a obtenção de uma boa qualidade do produto final bem como um fator de diferenciação no mercado.

1.1 PARALAB

A PARALAB foi fundada em 1992, dedicando-se à comercialização e desenvolvimento de soluções automáticas e instrumentação para a indústria química. Esta possui sede em Gondomar e uma delegação em Linda-a-Velha, sendo uma empresa certificada de acordo com a norma ISO9001 pela APCER. Uma das principais características da PARALAB é a formação técnica e científica dos seus recursos humanos. Esta empresa é constituída por uma equipa que inclui licenciados, mestres e doutores em Engenharia Química, Ciências Farmacêuticas e Engenharia Eletrónica, permitindo um serviço pós-venda de qualidade e de acordo com os padrões de exigência atuais [1].

1.2 Objetivos

Nas últimas décadas, a automação industrial tem permitindo melhorar os processos de fabrico garantindo uma melhor qualidade, reprodutividade e eficiência.

Neste contexto a Paralab adaptou o doseador da empresa LAMBDA, figura 1.1, ao depósito da figura 1.2 para uma aplicação específica na indústria de resinas. Contudo, este doseador tem um problema grave, o pó aglomera-se nas paredes do depósito, formando uma barreira que impede que os mesmos, por força da gravidade, desçam até ao sistema de doseamento. Outro problema é a baixa eficiência do sistema de doseamento, que gera espaçamentos no pó, impedindo que este flua naturalmente, tornando o doseamento deficiente [2].



Figura 1.1 Doseador LAMBDA



Figura 1.2 Depósito do antigo doseador (PARALAB)

Pretende-se que o doseador a desenvolver corrija os problemas detetados e que suporte pressões internas até 1 MPa. O doseador a desenvolver será aplicado a um reator químico e deverá ser controlado por computador. Assim foram definidos os seguintes e especificações:

- Sistema de dosagem com base numa célula de carga;
- Suporte de uma pressão interna até 10 bar;
- Doseador com capacidade para cerca de 3L;
- Sistema de doseamento acionado por um motor com velocidade controlada;
- O controlo do processo de dosagem será feito por um microcontrolador;
- A resolução da dosagem terá de ser no mínimo até 1 g.

1.3 Organização da dissertação

A presente dissertação está organizada na seguinte forma:

Capítulo I- Introdução

Introdução do tema e sua contextualização;

Capítulo II- Estado da Arte

Apresentação de vários modelos de doseamento e tecnologia existente;

Capítulo III- Projeto da Unidade de Doseamento

Projeto, construção e controlo do doseador;

Capítulo IV- Considerações Finais

Comentários gerais sobre o desenvolvimento da unidade.

2 Estado da Arte

De modo a conhecer melhor esta área, procedeu-se a uma pesquisa de sistemas de doseamento de sólidos que convergiu essencialmente para duas grandes empresas dedicadas ao fabrico de doseadores para a indústria, a Coperion K-Tron e a Parimix.

A Coperion K-Tron é uma empresa internacional com sede nos EUA e com uma vasta gama de doseadores, que embora tenha sistemas muito eficientes, têm capacidades na ordem de 10 vezes superiores ao necessário para este projeto.

A Coperion K-Tron tem dois sistemas de doseamento bastante eficazes que poderão ser uma boa solução para o problema apresentado, um deles com transporte por dois fusos gémeos (Figura 2.1) e o outro semelhante a um moinho de água (Figura 2.2). Este último é mais apropriado a sólidos do tipo granulado, o que não corresponde ao produto que se pretende dosear (pó) [3].



Figura 2.1 Doseador de fusos gémeos (K-Tron)

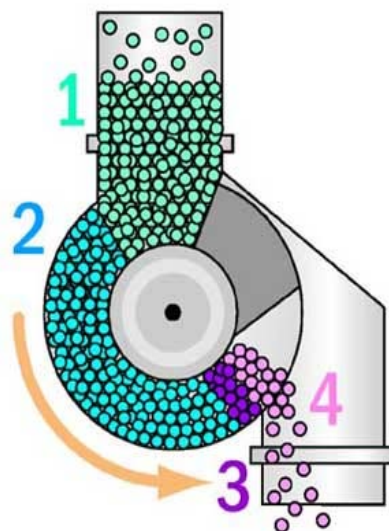


Figura 2.2 Doseador do tipo moinho (K-Tron)

A Parimix, outra empresa do mesmo ramo, comercializa um doseador muito idêntico ao da empresa K-Tron (Figura 2.3), com sistema de doseamento por fuso. No entanto este doseador é de tamanho mais reduzido e com uma estrutura mais simples, de modo a ser adaptada ao problema em questão [4].



Figura 2.3 Doseador de fuso simples (Parimix)

3 Projeto da Unidade de Doseamento

No seguimento da pesquisa de mercado, os diversos sistemas de doseamento foram apresentados à PARALAB, sendo escolhido o transporte por fusos gémeos (Figura 2.1) uma vez que permite trabalhar com pós de vários tamanhos entre 62,5 e 125 μm e de difícil escoamento, garantindo assim que não haja algum refluxo para o depósito.

Foi também definido que o sistema de pesagem será uma célula de carga do tipo “S” que irá suspender todo o equipamento fazendo-se o controlo do doseamento por medição da perda de peso. A figura 3.1. mostra a arquitetura da solução proposta.

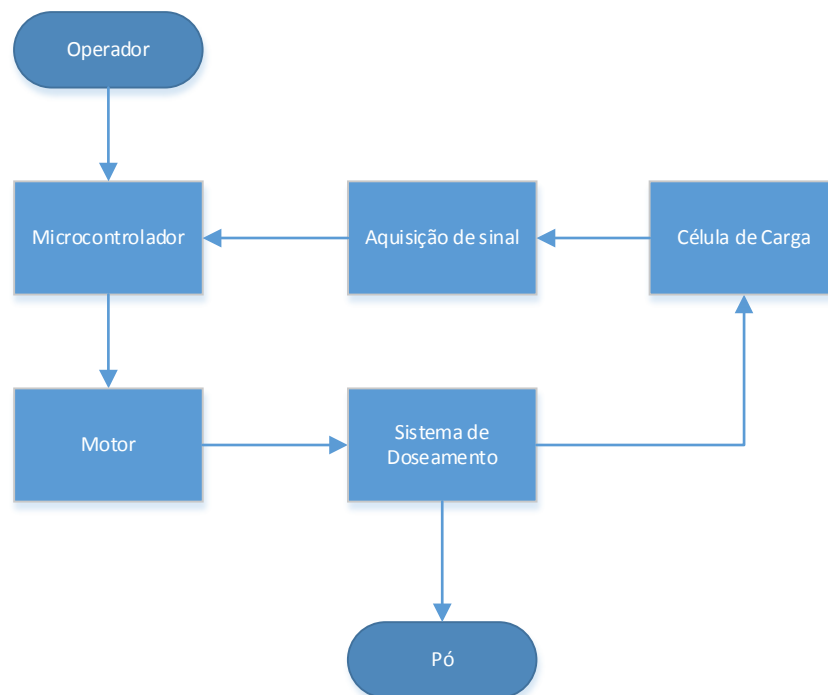


Figura 3.1 Arquitetura da solução proposta

O operador insere no computador a dosagem que pretende introduzir no reator. Esse comando é transmitido pelo computador para o microcontrolador ao qual estão ligados a aquisição de sinal da célula de carga, bem como o motor doseador.

Quando uma ordem é dada, o motor entra em rotação. Os fusos acoplados transportam o pó até à saída do doseador. A célula de carga determina, por diferença de peso, a quantidade matéria que sai do doseador (entra no reator), enviando essa leitura para o microcontrolador que determina (ou não) a paragem do motor.

Neste capítulo é descrito todo o processo criativo e construtivo do doseador e das suas partes mecânicas.

3.1 Projeto Mecânico

As peças do doseador bem como a sua montagem foram desenhadas em 3D no software Solidworks, sendo depois passada a sua representação para desenhos técnicos 2D apropriados para fabrico.

Iniciou-se este processo com uma das peças mais importantes do doseador, os fusos gémeos que transportam o pó do reservatório até à saída do doseador. Pretende-se que este transporte seja feito a um caudal de aproximadamente 3 g/min e a uma velocidade reduzida que não deve exceder os 200 rpm, uma vez que a capacidade do depósito é de 3L.

Para efeito de cálculos, foram atribuídas dimensões aos fusos, sendo todas as dimensões obtidas de modo a reduzir o atravacamento do doseador. Com base nas dimensões dos fusos, procedeu-se ao cálculo da potência do motor necessária para o seu acionamento.

Como ponto de partida usou-se a velocidade máxima a que o doseador deve debitar o pó, para proceder ao cálculo do caudal. Para tal, usou-se a equação (1), com origem no parafuso de Arquimedes horizontal [5]:

$$Q = \frac{\pi * (D^2 - d^2)}{4} * p * N * 60 * C_1 \quad (1)$$

onde, Q- caudal (m³/h); D- diâmetro exterior do fuso (m); d-diâmetro interno do fuso (m); p- passo (m); N- velocidade de rotação do fuso (rpm); C₁- coeficiente de preenchimento.

Tomou-se em consideração a velocidade de rotação pretendida (N = 200 rpm) e o diâmetro interno e externo do fuso.

O diâmetro máximo (**D**) do fuso foi escolhido através de critérios construtivos. Na eventualidade do diâmetro do fuso ser de reduzidas dimensões, o seu mecanismo de transmissão também o será, dificultando assim a sua construção. Um critério importante para este cálculo é o facto dos rolamentos que foram seleccionados, possuírem diâmetros e distâncias entre si, específicas e pré-definidas. Assim, por iteração na construção dos fusos, o diâmetro exterior foi fixado em 24 mm.

Arriola [5] considerou apenas o diâmetro externo e desprezou o diâmetro interno do parafuso por ser muito pequeno face ao diâmetro externo. No entanto, neste caso não é possível fazer a mesma consideração. Assim, tendo o diâmetro externo de 24 mm definiu-se o diâmetro interno como sendo 14,5 mm.

O coeficiente de preenchimento (**C₁**) seria de 1/2 caso se tratasse de líquido. Neste caso, tratando-se de um sólido (pó), formar-se-á um ângulo com a horizontal sendo o coeficiente respetivo ilustrado na figura 3.2 [5]. Com base na figura considerou-se um coeficiente de 30%, pois é o que melhor ilustra o seu comportamento.

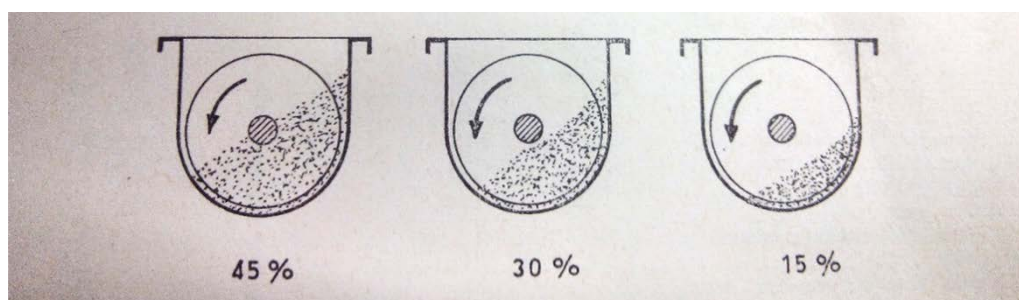


Figura 3.2 Coeficiente de preenchimento (Arriola)

Dado que o fuso tem um passo (**p**) de 9 mm, então, pela equação (1), tem-se:

$$Q = \frac{\pi * (0,024^2 - 0,0145^2)}{4} * 9 * 10^{-3} * 200 * 60 * 0,3$$

$$Q = 0,0093 * 2 = 0,0186 \text{ m}^3/\text{h}$$

A potência necessária para acionar o veio a 200 rpm ao fuso é dada pela equação (2) [5].

$$P = \frac{Q * \gamma * L * c_2}{270} * 735,5 \quad (2)$$

onde, P- potência (W); Q- caudal (m³/h); γ - peso específico (kg/m³); L- comprimento do fuso (m); C₂- coeficiente de resistência ao deslocamento do sólido ao longo do transporte (atrito), o caudal (Q) é 0,0186 m³/h (calculado pela equação 1) e o comprimento do fuso (L) é de 120 mm, o peso específico (γ) do material a transportar, considerando o cloro como exemplo, é de 1330 kg/m³, o coeficiente de atrito do material (C₂) pode ser consultado na Tabela 6.1. presente no Anexo A.

Dado que o tipo de produtos a dosear não está determinado considerou-se um valor médio de coeficiente de atrito, correspondente à terra seca (C₂ = 4). Garantiu-se então que a potência calculada é suficiente para mover qualquer tipo de químico em pó em cada fuso.

$$P = \frac{0,0186 * 1,33 * 120 * 10^{-3} * 4}{270} * 735,5 = 0,032 \text{ W}$$

A potência que aqui se obteve refere-se apenas a um fuso. Como neste caso existem dois fusos a potência será P= 0,06 W.

A transmissão do movimento para os dois fusos não é direta, mas sim feita através de uma correia sincronizadora, com uma relação de transmissão i = 1. Os dois fusos estão acoplados à caixa através de dois rolamentos. Considerando o atrito ao movimento de rotação dos fusos. Para garantir o seu funcionamento a longo prazo sem sobrecarga do motor, aumentou-se a potência para 0,5 W.

O motor escolhido para satisfazer os requisitos foi do tipo passo-a-passo. Trata-se de um motor de fácil controlo, que disponibiliza o binário máximo quando está em repouso. Esta é uma excelente qualidade, pois a força exercida pelo pó no fuso poderia movimentá-lo e sair do depósito, o que não é de todo pretendido.

A transmissão do movimento do motor para o veio pinhão da caixa, é feita através de um acoplamento e de 2 parafusos ISO 4029 M3 x 2,5.

O veio pinhão, com um comprimento de 35 mm, serve para transmitir o movimento do motor aos fusos, estando apoiado em dois rolamentos de esferas rígidos SKF 618 5, com um diâmetro interno de 5 mm e diâmetro externo de 11 mm. A escolha dos rolamentos foi feita de modo a minimizar o seu atravacamento, uma vez que as forças exercidas nos veios são axiais e muito reduzidas, quando em comparação com as especificações do rolamento que permitem uma força máxima de 637 N e uma velocidade de rotação máxima de 120000 rpm. Esta transmissão é garantida através de uma polia sincronizadora T 2,5 x 6 mm. Este conjunto está representado na figura 3.3 [7].

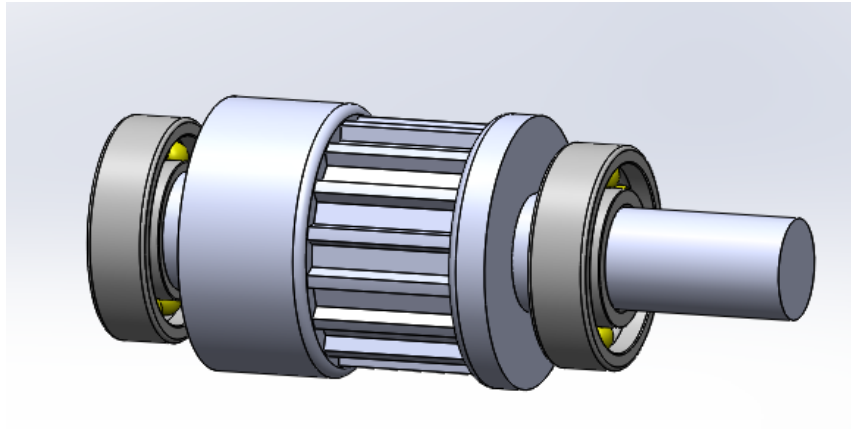


Figura 3.3 Veio pinhão

Os rolamentos (Figura 3.3) estão encastrados na caixa transmissora e na tampa da mesma (Figura 3.4). A tampa da caixa transmissora é fixada através de 4 parafusos ISO 4765 M 5 x 12. Um rasgo longitudinal no meio da tampa tem como função, o guiamento e o ajuste do esticador da correia sincronizadora (Figura 3.5).

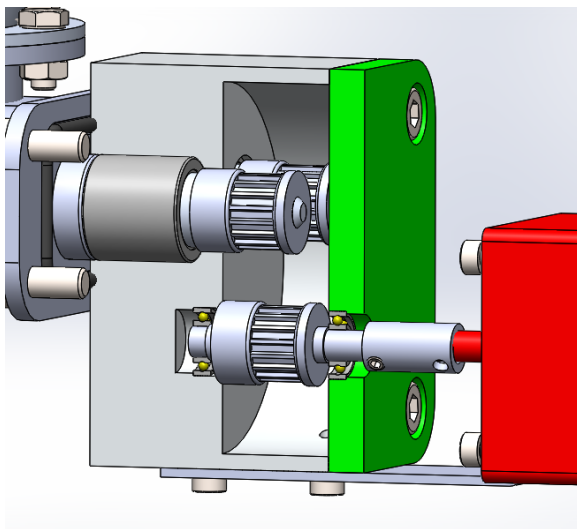


Figura 3.4 Caixa de transmissão em corte

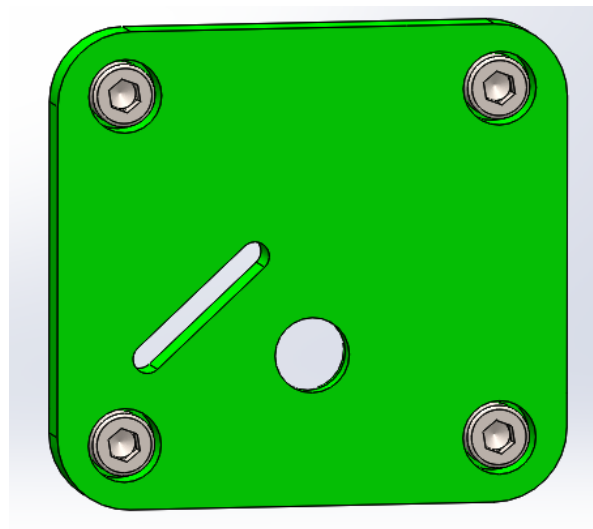


Figura 3.5 Tampa da caixa

A transmissão do movimento do veio pinhão para os dois veios dos fusos é feita por uma correia sincronizadora T 2,5 (com 6 mm de largura), que estará engrenada por 2 polias T 2,5 de 6 mm de largura com o mesmo número de dentes da polia pinhão, daí a relação de transmissão $i=1$. A figura 3.8 ilustra a transmissão entre o veio trator e os dois veios onde estão acoplados os fusos doseadores. A caixa transmissora tem as dimensões 65 x 70 x 40,5 mm (Figura 3.6).

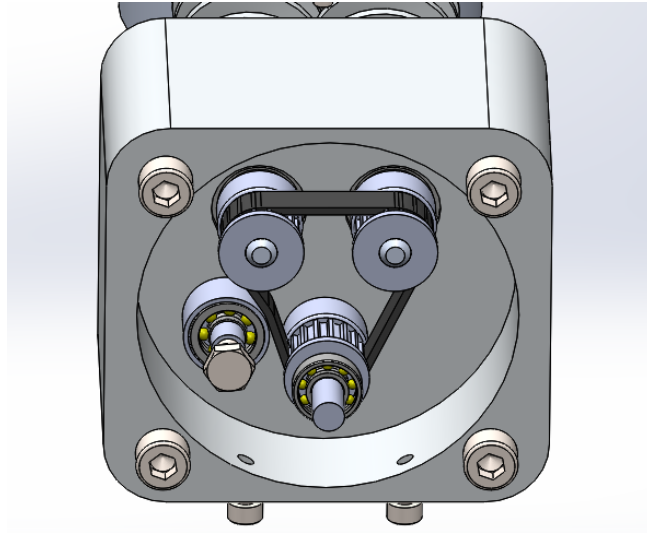


Figura 3.6 Transmissão veio trator-veios dos fusos

As polias sincronizadoras vão transmitir movimento para os dois veios (Figura 3.7).

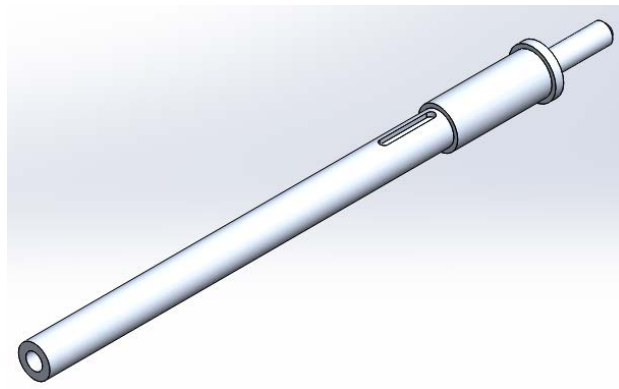


Figura 3.7 Veio dos fusos

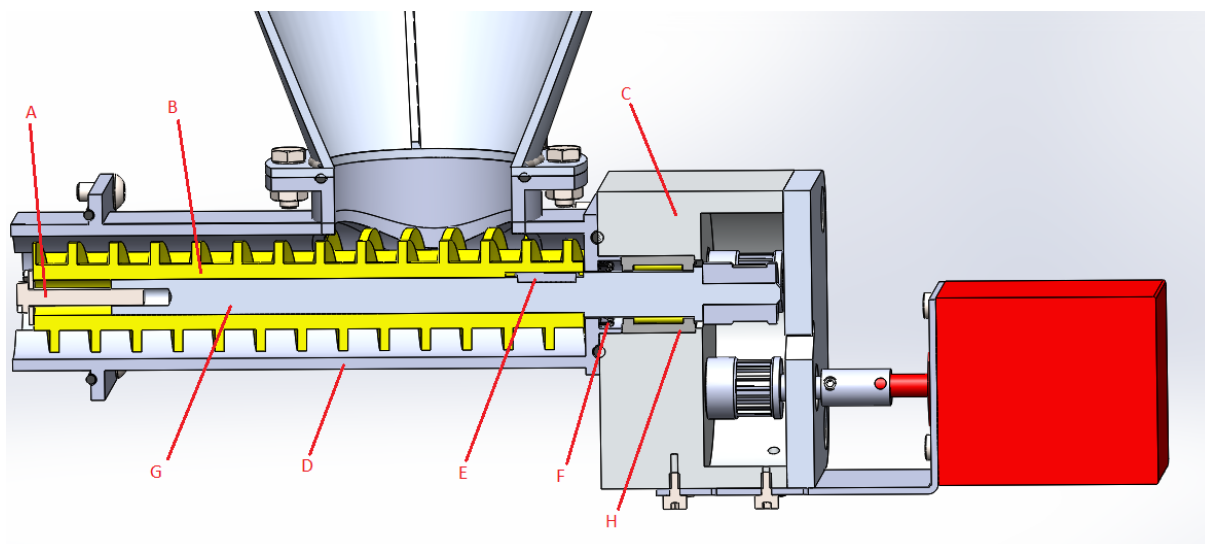


Figura 3.8 Corte longitudinal do sistema doseador

Na figura 3.8 está representada a montagem de todos os componentes que fazem parte do sistema de doseamento (em corte longitudinal para melhor visualização).

Os veios (G) dos fusos (B) estão acoplados à caixa de transmissão (C) por rolamentos de agulhas sem anel interno da SKF NK 10/16 TN, de 16 mm de largura (H). Também se pode observar que a transmissão da rotação do veio para o fuso é garantida por uma chave (E) ISO R 773 2x2x14-ST. Os rolamentos estão fixos entre bocal (D) e a caixa de transmissão (C). Um parafuso (A) ISO 1207 - M4 x 25 juntamente com uma anilha, impedem o deslocamento do fuso na longitudinal do veio. Para garantir a vedação de todo o sistema são colocados o-rings em todas as uniões com as diferentes peças, e para garantir que não há contaminação do produto que está a ser doseado para dentro da caixa de transmissão, foi colocado um retentor quimicamente inerte que suporta uma diferença de pressão de 10 bar, (F) em cada veio.

Na figura 3.8 pode observar-se o bocal do doseador em corte. O desenvolvimento do mesmo teve em atenção o formato dos dois fusos, o peso do bocal, a sua forma redonda foram projetadas para reduzir a quantidade de material (alumínio) e minimizar as tensões mecânicas. Na figura 3.9, a aba mais à direita serve para fazer o acoplamento à caixa de transmissão. A aba no centro serve para fazer o acoplamento ao depósito. A aba à esquerda serve para fazer o acoplamento a um adaptador que será referido mais à frente.

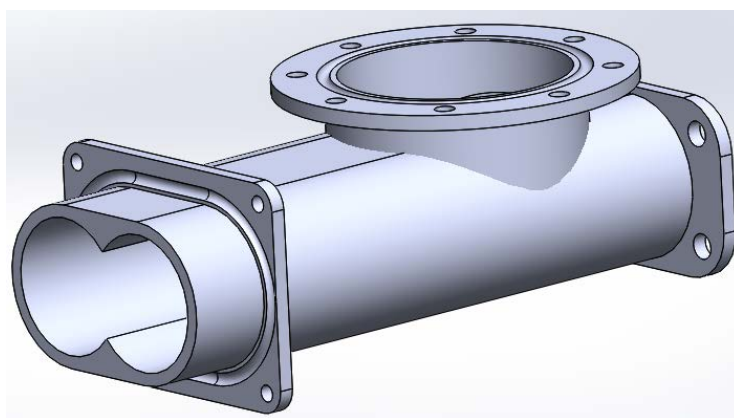


Figura 3.9 Bocal

Na escolha do rolamento do veio do fuso teve-se em consideração o momento que o peso do pó a dosear provoca sobre o veio do doseador. Para que o efeito desse momento fosse minimizado, foi escolhido um rolamento com a largura de 16 mm. Uma área maior permite um guiamento do fuso mais efetivo e mais estável reduzindo as oscilações. Como podemos observar na figura 3.10, o rolamento está fixo entre a caixa de transmissão e o bocal.

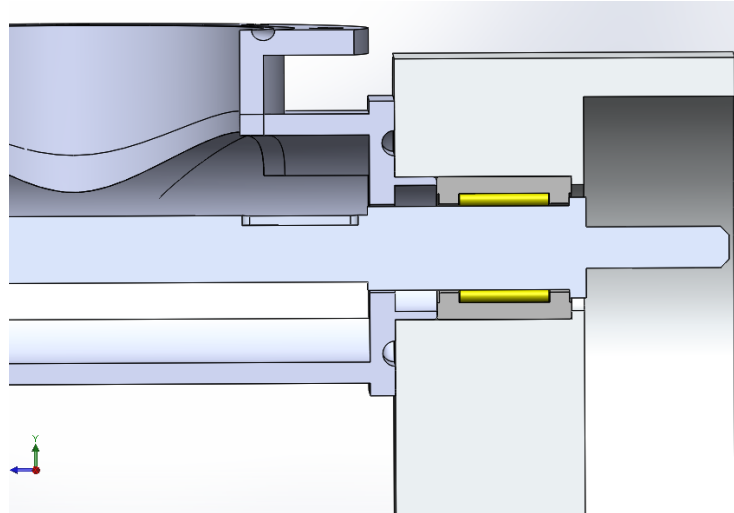


Figura 3.10 Acoplamento do rolamento em corte longitudinal

Na figura 3.11 pode observar-se o fuso (parafuso de Arquimedes), uma das peças fundamentais deste projeto. O fuso tem um passo de 9 mm e uma espessura de dente de 2 mm, tendo um diâmetro externo de 24 mm e interno de 14,5 mm.

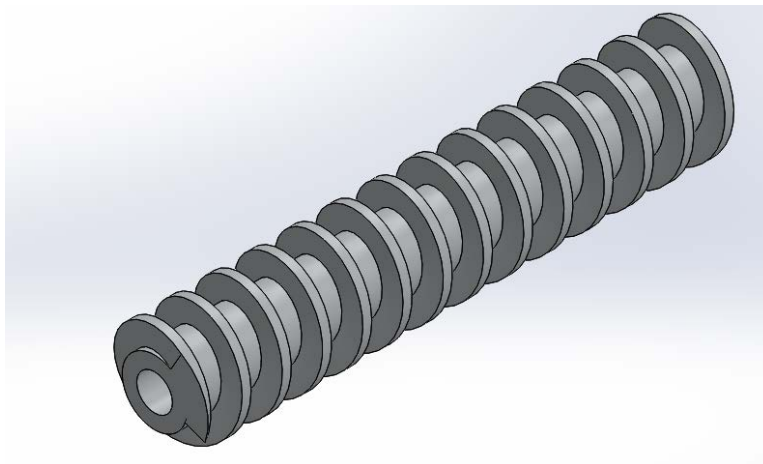


Figura 3.11 Fuso

Os dois fusos são alimentados por um depósito (Figura 3.13) com uma altura de 360 mm e uma capacidade para 3L. O depósito é conectado ao bocal por 8 parafusos ISO 4017-M4 x 10 e por 8 porcas ISO 4032-M4-W (Figura 3.12).

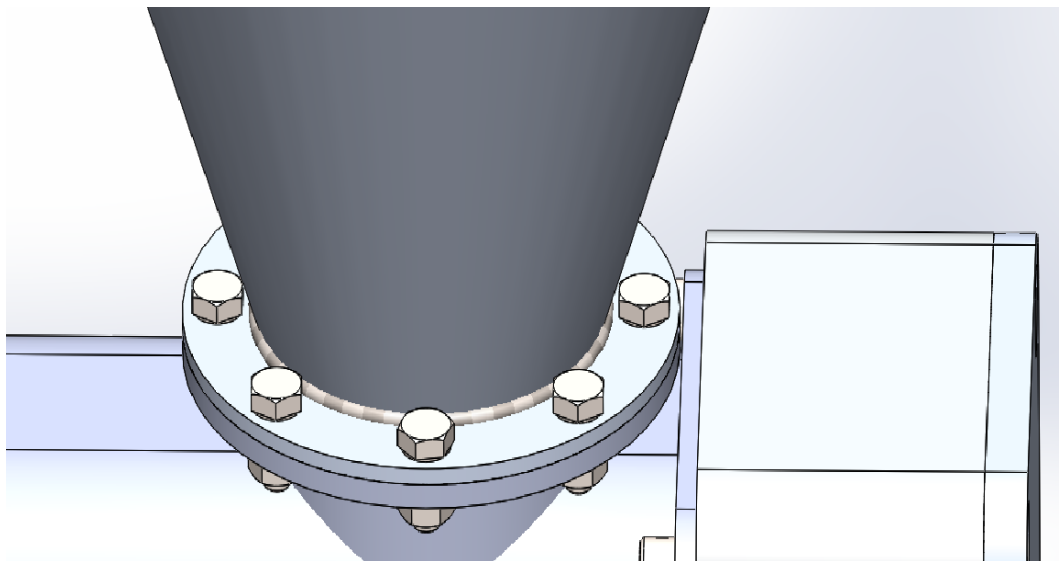


Figura 3.12 Acoplamento do depósito ao doseador

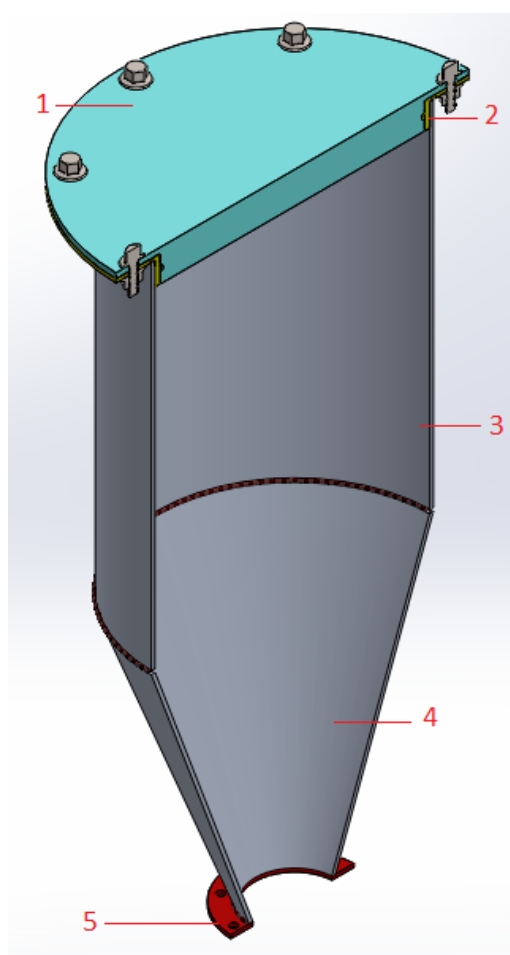


Figura 3.13 Depósito

O depósito é constituído por cinco peças diferentes. A tampa (1, a azul) e uma aba (2, a amarelo) para que o acoplamento e estanquidade da tampa sejam eficientes. A aba é soldada a uma chapa cilíndrica (3) e à chapa em forma cônica (4). Por fim, para fazer o acoplamento ao bocal é soldado um anel (5) com uma espessura de 2 mm. O material escolhido para o depósito é uma liga de alumínio 5754 HX6 (Alacermas) com uma tensão limite elástico de 245 MPa, as diferentes partes são soldadas a TIG (*Tungsten Inert Gas*) com um cordão de solda de 2 mm. No Anexo A podem ser consultados com mais detalhe o tipo e a localização de cada solda. Como referido nos objetivos, todo o equipamento terá que suportar uma pressão interna 1 MPa. Devido a esta condição o depósito foi testado no programa Abaqus com a finalidade de obter o estado de tensão em toda a peça e detetar eventuais pontos críticos [8].

Os dados introduzidos no programa são referentes ao alumínio 5754 com as seguintes propriedades:

- ❖ Módulo de Young = 70 GPa
- ❖ Coeficiente de Poisson = 0,389
- ❖ Tensão limite elástico = 245 MPa

A Figura 3.14 mostra o resultado da simulação do modelo, quando sujeito a uma pressão de 1 MPa [9].

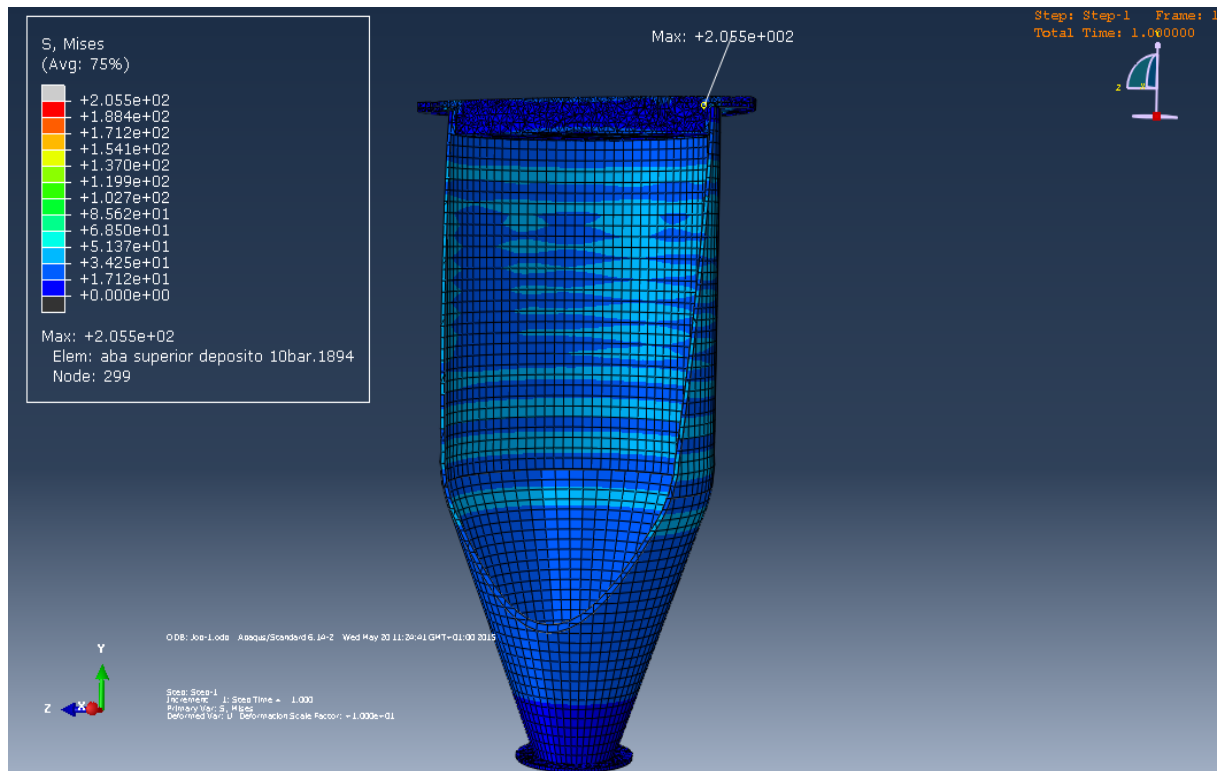


Figura 3.14 Simulação da pressão Abaqus

De acordo com a simulação, a tensão máxima é de 205,5 MPa (critério de Von Mises) e ocorre na aba do depósito (Figura 3.15). Como é de notar, toda a estrutura está a azul, num estado de tensão próximo de 172 MPa. Comparando o pior cenário com a tensão limite elástico do material 245 MPa, conclui-se que ainda existe uma margem de segurança de 39.5 MPa. Mas não se pode ignorar o ponto crítico, a aba do depósito, tem uma espessura de 3 mm (Anexo A) e o chanfro projetado a toda a volta, com a finalidade de se colocar um o-ring e assegurar a estanquidade do depósito originou um ponto crítico. Portanto, retirou-se esse

chanfro, deixando assim de haver pontos críticos no depósito. Com esta simulação, pode-se afirmar que o depósito está dimensionado para aguentar a pressão de 1MPa, como requerido.

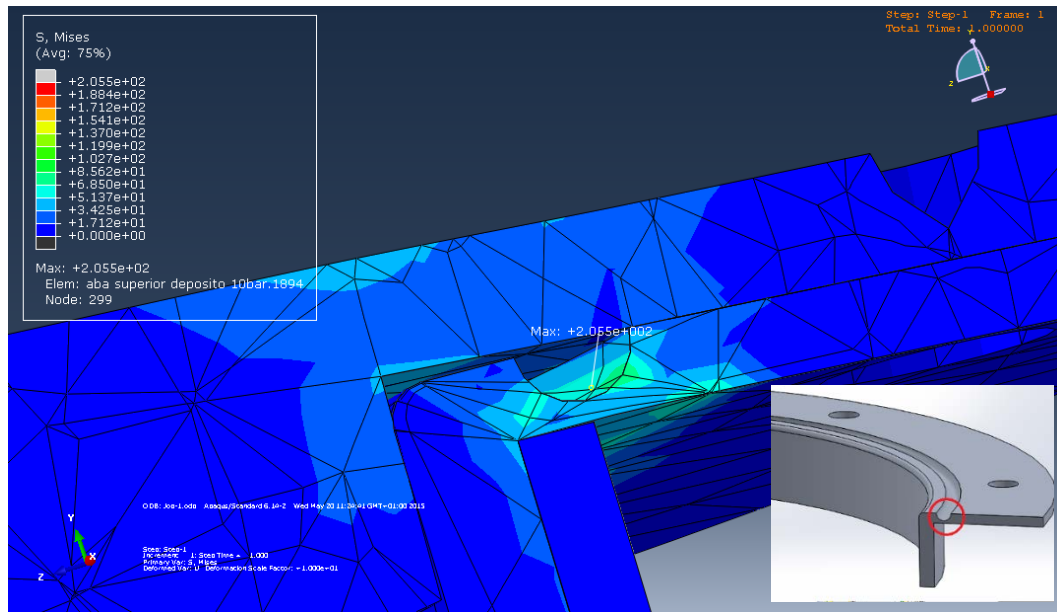


Figura 3.15 Ponto crítico Abaqus

A estanquicidade é assegurada agora por um o-ring situado na tampa do depósito, figura 3.16. É de notar que na mesma imagem a aba já se encontra corrigida, ou seja o ponto crítico foi eliminado.

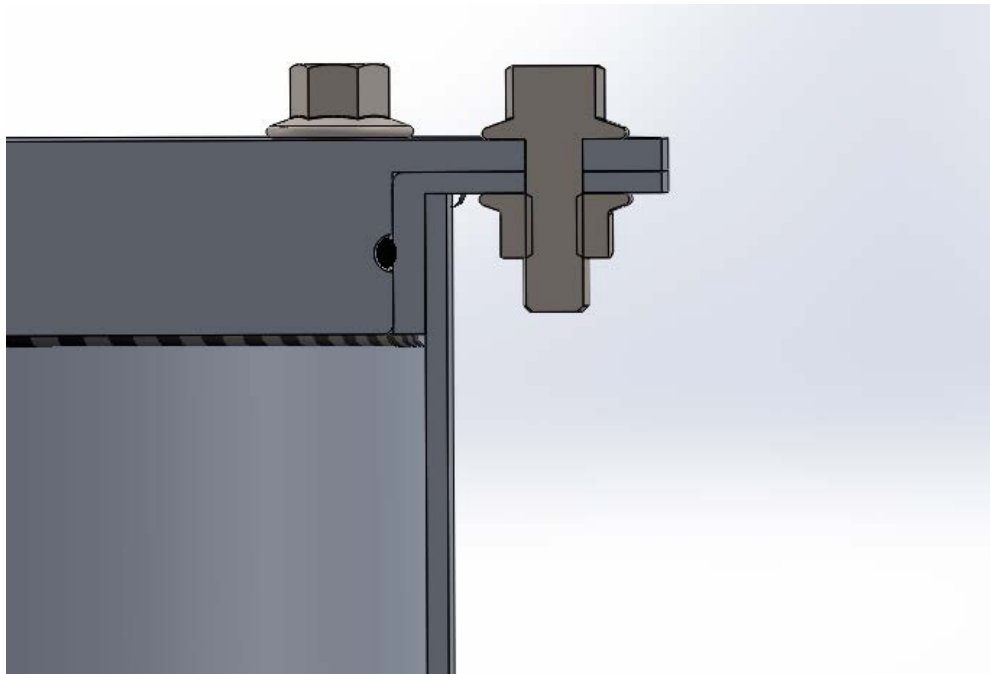


Figura 3.16 Pormenor do depósito em corte

A tampa do depósito é acoplada à aba por 8 parafusos ISO 4162- M6x16x16 e 8 porcas ISO 4161-M6-N.

Todo o equipamento (depósito, bocal doseador e motor) perfaz uma massa de aproximadamente 3,5 kg. Adicionando 3 kg de material, assumindo uma massa específica de 1kg/L, perfaz um total de 6,5 kg. Assim, foi escolhida uma célula de carga com uma força máxima de 10 kgf, figura 3.17.

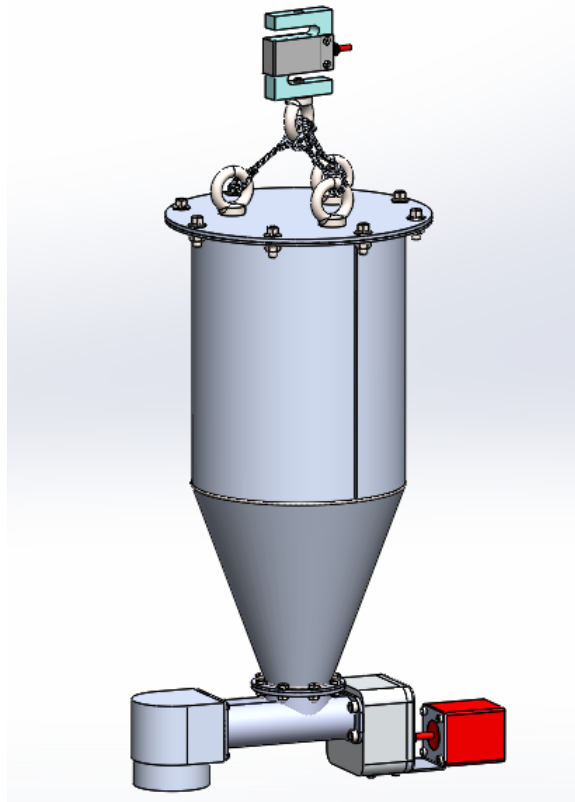


Figura 3.17 Doseador + depósito + célula de carga

Como referido, na construção do bocal existe uma peça que faz a conexão do doseador a uma tubagem curta e flexível do reator, denominada de adaptador. Essa peça está representada na figura 3.18 e pode ser observada na imagem anterior, onde todo o equipamento está montado.

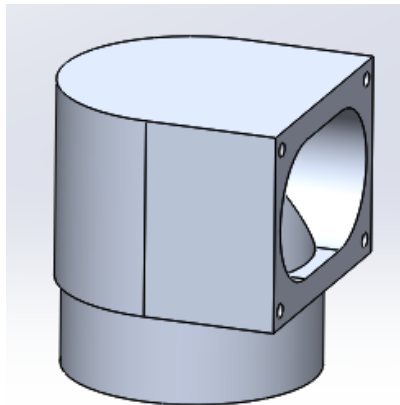


Figura 3.18 Adaptador

Todos os componentes mecânicos foram desenhados em 2D e maquinados. As figuras 3.19 e 3.20 mostram o doseador em várias perspectivas.

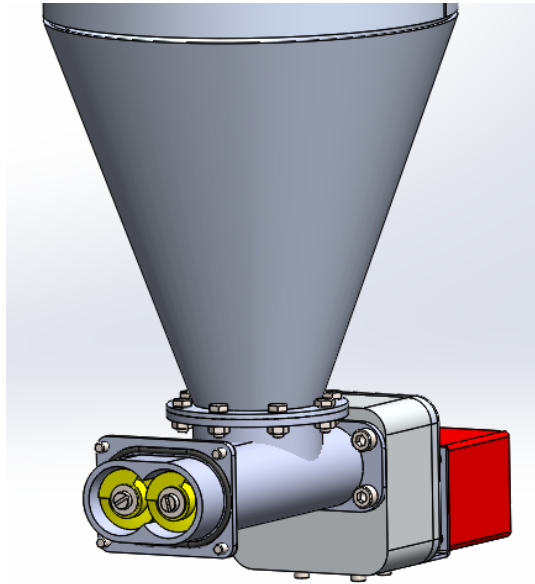


Figura 3.19 Doseador sem adaptador.

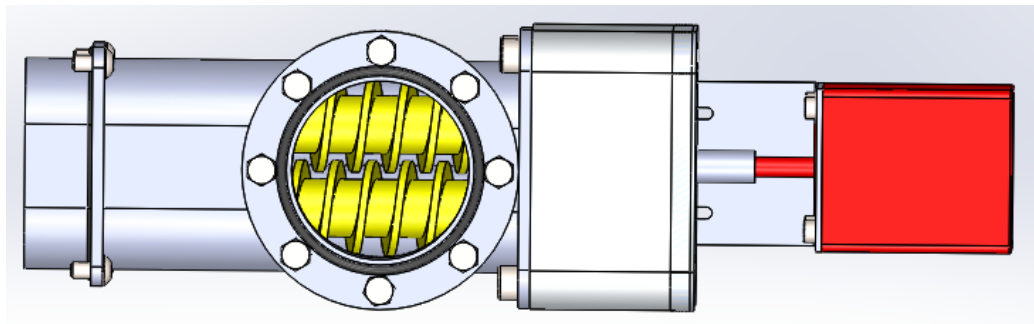


Figura 3.20 Vista de cima do doseador sem depósito

Face aos requisitos impostos nos objetivos em relação a pressão, o conjunto doseador mais reactor foi ilustrado em corte de modo a facilitar a compreensão do mesmo (Figura 3.21). O doseador será ligado ao reator, por uma conexão flexível. É de salientar que o doseador já estará conectado ao reator antes de se iniciar o processo de doseamento.

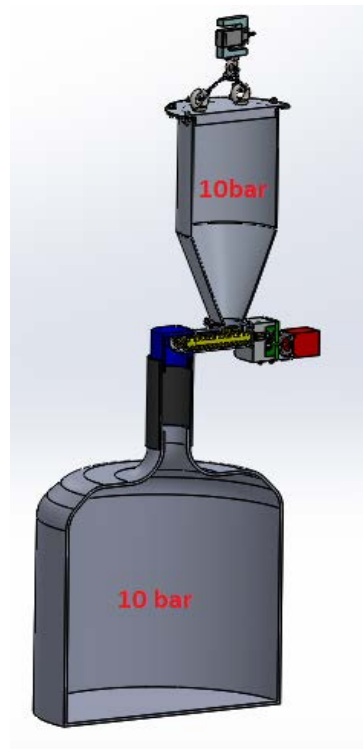


Figura 3.21 Conexão do doseador ao reator

3.2 Projeto Eletrónico

Como apresentado no capítulo do estado da arte, o processo de doseamento é automático. Isto é, o operador introduz a dosagem que pretende no computador, este envia os dados para microcontrolador -Arduino- através de uma ligação USB que por sua vez controla o movimento do motor passo-a-passo. Neste subcapítulo serão apresentados em detalhe cada um dos seus componentes.

3.2.1 Célula de Carga

Como referido no capítulo anterior, o equipamento está suspenso por uma célula de carga, modelo OMEGA LCM101-10 do tipo “S” (Figura 3.22) em aço inoxidável, preparada para medir à tração numa gama de 0 a 10 kgf.

Esta célula de carga foi calibrada para funcionar numa gama de temperaturas de 17 °C a 71 °C com uma sensibilidade de 3 mV/V. No Anexo A, pode ser consultada a folha de calibração (Tabela 6.2) [10].



Figura 3.22 Célula de carga OMEGA LCM101-10

3.2.2 Aquisição e amplificação de sinal

Para fazer o condicionamento de sinal da célula de carga, foi usado o equipamento da marca ADVANTECH, modelo ADAM-4016-A2E (Figura 3.23) [11].



Figura 3.23 Aquisição e amplificação de sinal ADAM-4016-A2E

O módulo de entrada do ADAM-4016 usa um conversor A/D de 24 bits e uma gama de entrada +/- 50 mV. Os dados digitais são depois convertidos para uma forma de complemento de dois hexadecimais, de acordo com a configuração do módulo. Os dados são enviados através de uma interface RS-485. Este equipamento é protegido contra picos de energia. O ADAM fornece a tensão para a excitação da célula de carga de 0 a 10 V.

3.2.3 Placa de comunicação RS 485

Na Figura 3.24 está representada a placa de comunicação RS 485 usada para a ligação do módulo ADAM ao Arduino. O seu tamanho, bem como a localização dos pinos foram concebidos para encaixar sobre o Arduino [12].

O módulo ADAM comunica pelas suas portas “DATA” com as portas A e B da placa RS 485 e aos pinos “TX” e “RX” do Arduino.

A placa é da marca Linksprite e permite a comunicação até 10 Mbit/s a 1200 metros de distância do ADAM.

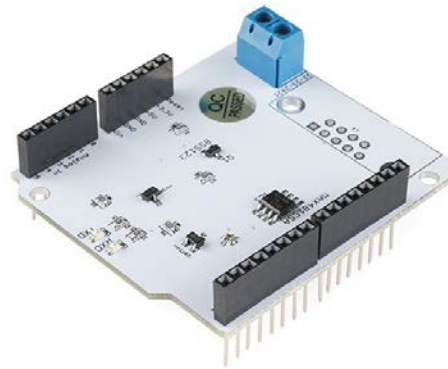


Figura 3.24 Placa de comunicação RS 485 Linksprite

3.2.4 Arduino

Arduino é uma projeto de *hardware* para computador de código e software aberto. A placa Arduino pode ser adquirida pré montada. Dentro do projeto Arduino existe vários modelos de microcontrolador (Figura 3.25).

O Arduino Leonardo é uma placa de microcontrolador baseado no ATmega32u4, com 20 pinos digitais de entrada/saída (dos quais 7 podem ser usados como saídas PWM e 12 entradas analógicas) [13].

Foi escolhido este tipo de microcontrolador pela sua robustez, durabilidade, custo reduzido e por disponibilizar uma vasta informação para a sua programação facilitando assim o projeto.

Neste projeto o Arduino vai ter grande relevância, uma vez que depois de devidamente programado, fará a gestão do pó que sai do doseador.

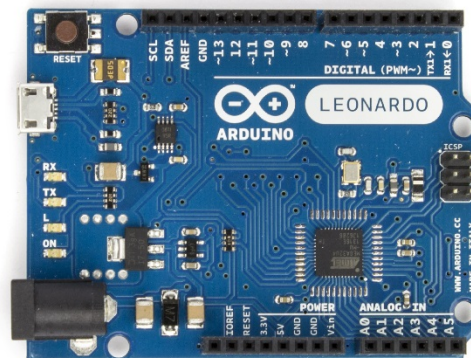


Figura 3.25 Arduino Leonardo

3.2.5 Motor

Para o acionamento dos veios doseadores foi escolhido um motor passo-a-passo porque é o mais indicado para o controlo de velocidade, preparado para funcionar a baixas velocidades e com um binário elevado, mesmo quando parado (Figura 3.26). O motor passo-a-passo escolhido foi o *nema 17*, pois é um motor com dimensões reduzidas, velocidade máxima de 600 rpm e um binário de 4,2 N.cm. É um motor Bipolar 4 fios de 2,4 A/ 12V por fase e com um ângulo por passo de 0,9°, o que perfaz um total de 400 passos [6].



Figura 3.26 Motor passo-a-passo *nema 17*

3.2.6 Drive do motor

O motor passo-a-passo *nema 17* requer um *drive* específica, com capacidade de fornecer 2,4A por fase, de modo a conseguir a velocidade máxima em condições de força máxima. O *drive* escolhido é da marca Pololu modelo DRV8825 e pode ser alimentado de 8,2 V até 45 V, fornecendo 2,4A por fase com a refrigeração extra [14].

Para se fazer as ligações entre o *drive*, motor e o Arduino foi necessário desenhar e produzir uma PCB (placa de circuito impresso). O fabricante disponibiliza o esquema eletrónico de montagem e assim foi desenhada a placa no software “EAGLE”. Na figura 3.27 pode observar-se o esquema sugerido pelo fabricante e na figura 3.28 a imagem do PCB [15].

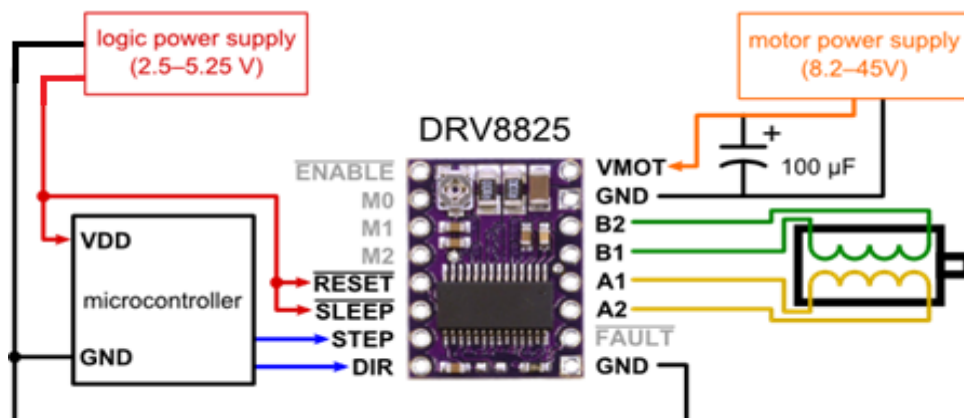


Figura 3.27 Esquema de montagem do DRV8825 da Pololu

A PCB foi construída com as dimensões da placa RS485, reduzindo assim o espaço e facilitando a montagem no Arduino.

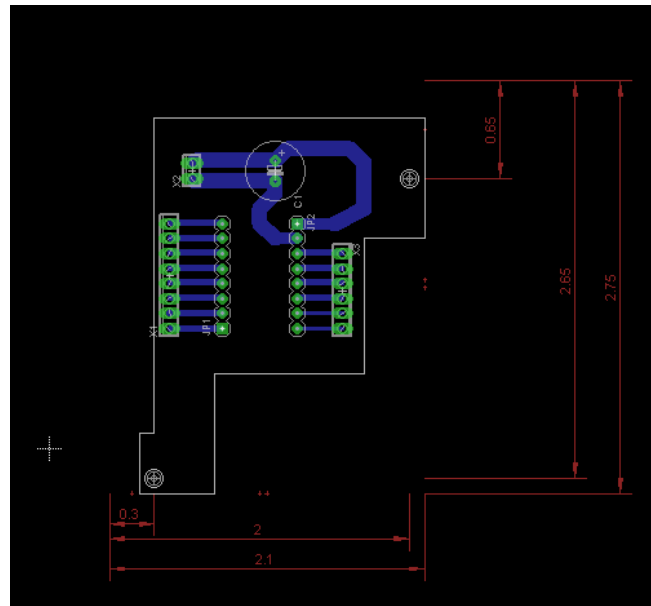


Figura 3.28 PCB

3.2.7 Fonte de alimentação

Para alimentar o ADAM é necessário uma fonte de alimentação de 24 V DC, a mesma fonte vai alimentar o *drive* do motor visto que pode operar até 45 V. A fonte de alimentação é da marca DELTA modelo D0116888 fornece 24 V DC e 2,5 A, tem proteção contra sobrecarga o que é bastante importante no meio industrial, tem também encaixes para calhas DIN o que facilita a sua montagem (Figura 3.29) [16].



Figura 3.29 Fonte de alimentação 24 V D011688 da Delta

Foi feito o modelo 3D da montagem de todos os componentes eletrônicos numa calha DIN (Figura 3.30).

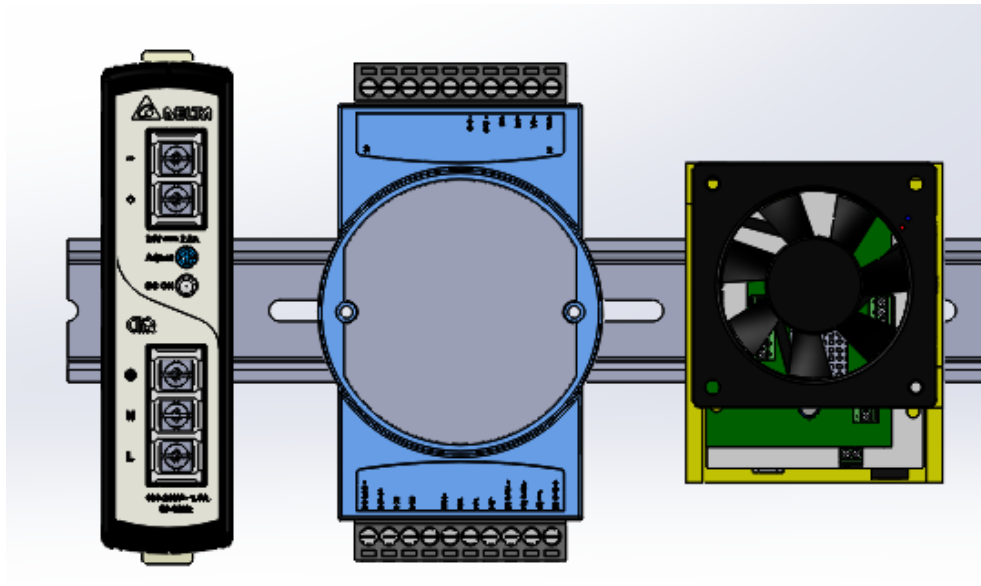


Figura 3.30 Montagem dos componentes eletrônicos 3D

Na figura 3.31, pode-se observar a amarelo o suporte da ventoinha. O suporte vai ser produzido por uma impressora 3D em PLA (Polylactic acid) e no seu interior encaixa a placa do Arduino, a placa RS 485 e a PCB com o *drive* do motor.

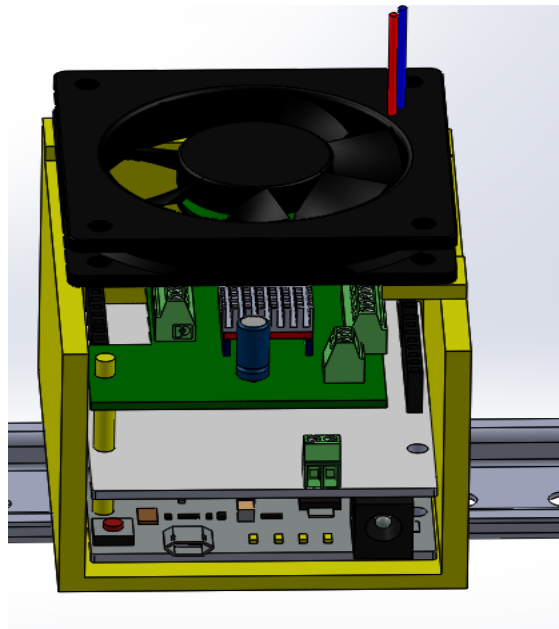


Figura 3.31 Suporte da ventoinha

3.2.8 Esquema elétrico

No esquema elétrico (Figura 3.32) pode observar-se como são feitas todas as ligações entre os vários componentes.

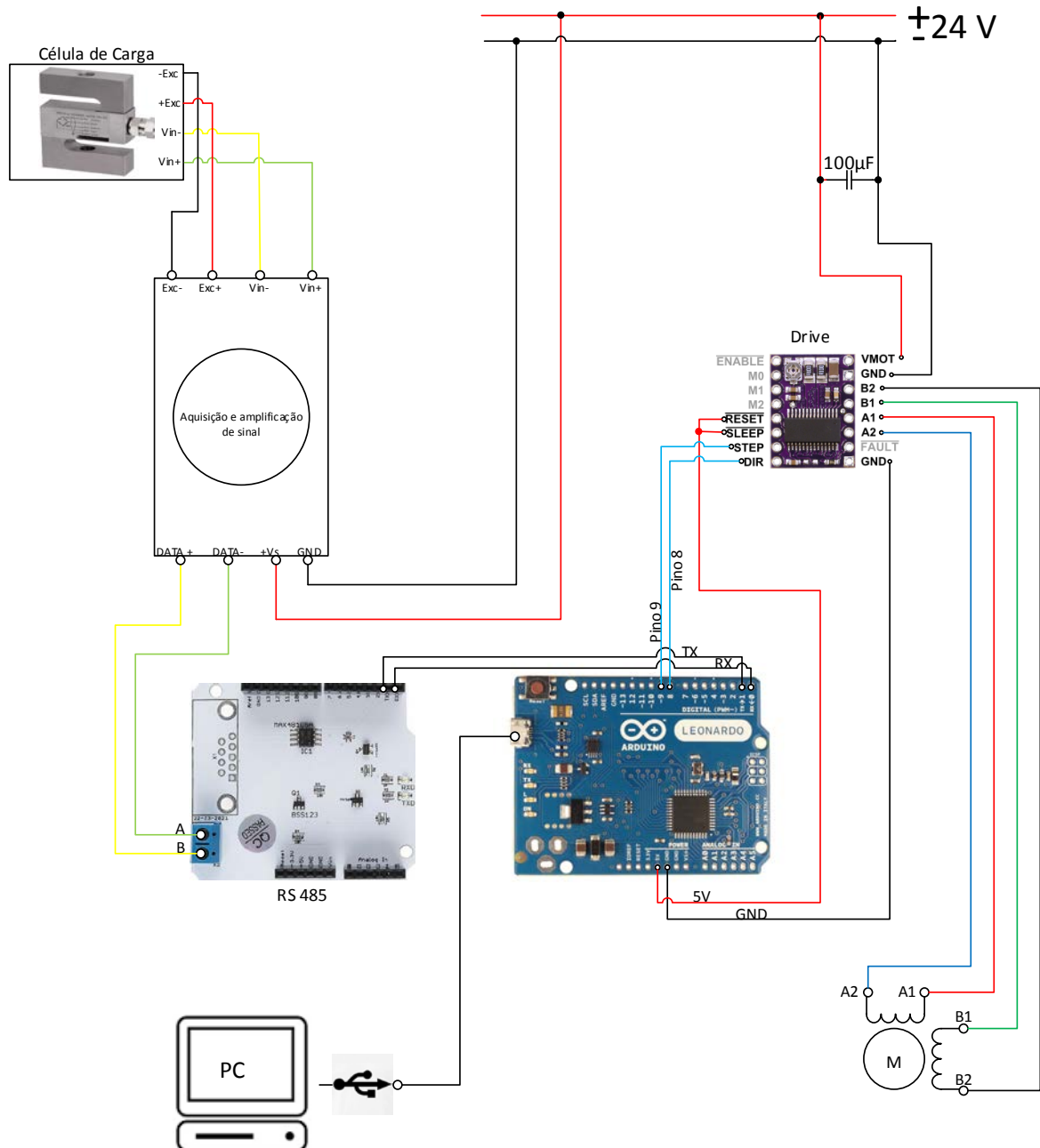


Figura 3.32 Esquema elétrico

As figuras 3.33 e 3.34 retratam a montagem dos componentes eletrónicos de controlo do doseador segundo o esquema elétrico.

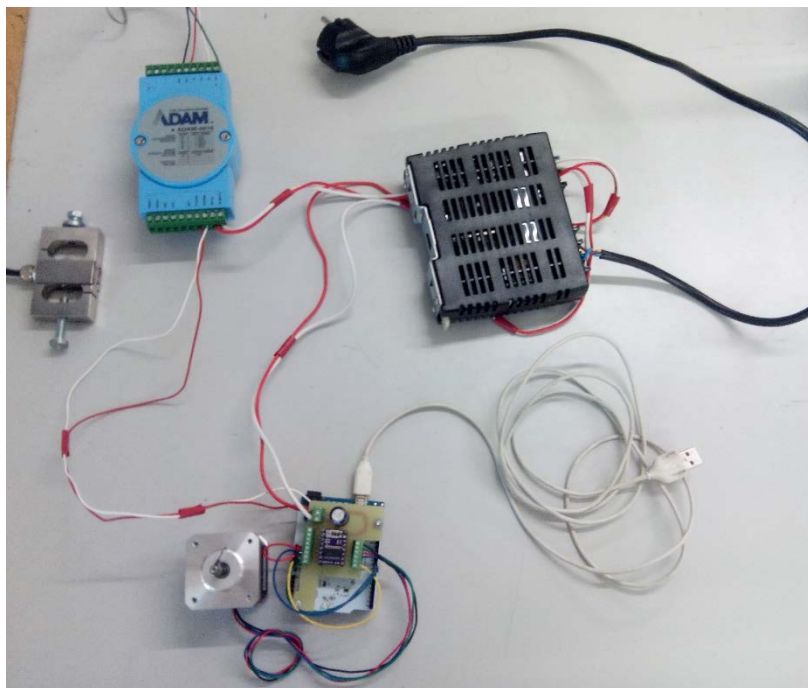


Figura 3.33 Montagem dos componentes elétricos

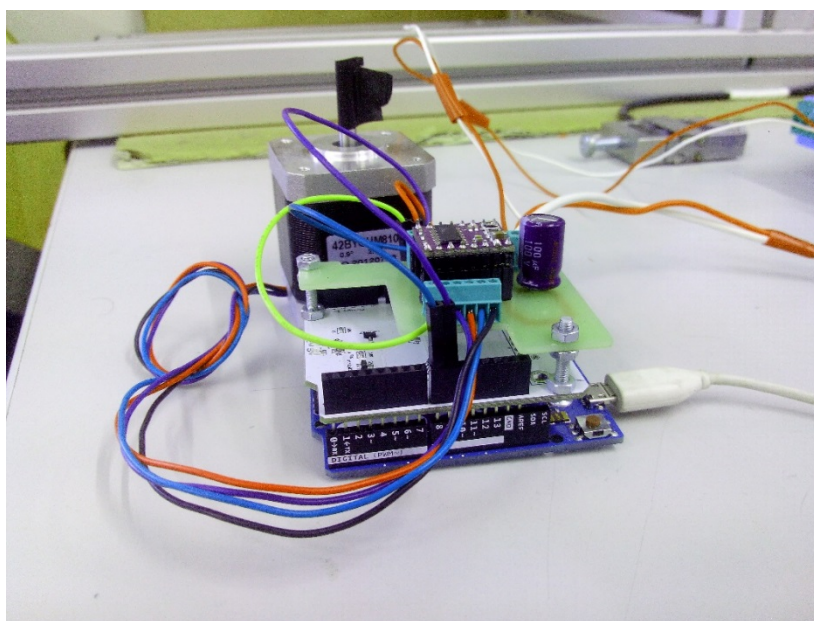


Figura 3.34 Ligações do Arduino + placa RS485 + *drive* + motor-a-passo

As figuras 3.35 e 3.36 ilustram o sistema de doseamento montado, com o motor passo-a-passo, bocal, adaptador e depósito, numa vista de perfil e de frente respetivamente.



Figura 3.35 Montagem do Doseador
vista lateral



Figura 3.36 Montagem do Doseador
vista de frente

A figura 3.37, representa a vista dos fusos montados no doseador.



Figura 3.37 Montagem dos fusos

É de salientar que na figura 3.37 se pode observar o o-ring que faz a vedação entre o bocal e o adaptador ao reator.

Na figura 3.38 está representado o interior do depósito, onde se pode salientar o o-ring que no capítulo 3.1, na simulação da pressão do depósito com demonstrado havia sido retirado. Durante a produção das peças optou-se por aumentar a altura da aba do depósito de 3 para 5 mm e manter o chanfro para o o-ring na posição inicial.

Na figura 3.38 também se pode ver a vista de cima dos fusos no fundo do depósito.

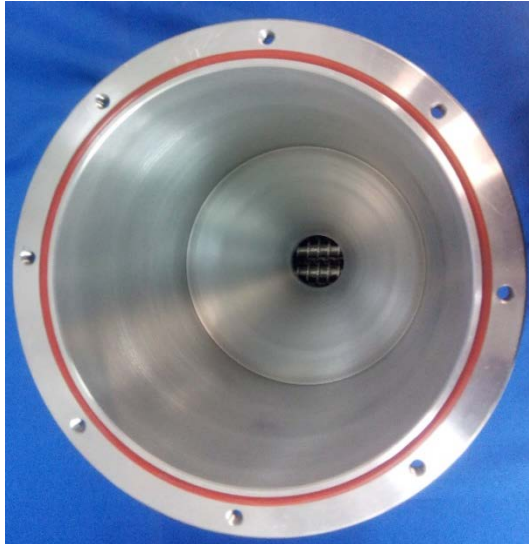


Figura 3.38 Interior do depósito

3.3 Programação

A programação do Arduino foi feita no software disponibilizado pela empresa. O ambiente de desenvolvimento usa a linguagem de programação C++, mas com uma estrutura mais básica. O programa é dividido em duas partes, o “void setup” e o “void loop” (Figura 3.39).

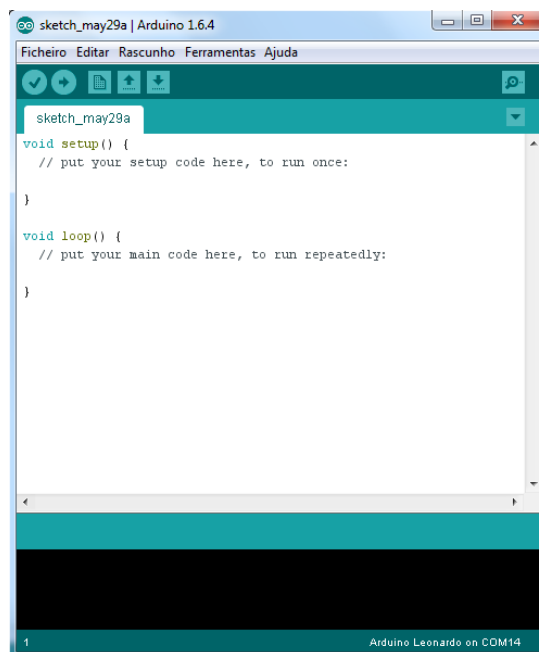


Figura 3.39 Arduino programa

Na zona “*void setup*” são inseridos os comandos que são executados uma única vez no arranque do programa, enquanto no “*void loop*”, os comandos são executados em ciclo contínuo até que se conclua a ação pretendida.

A velocidade de comunicação do computador com o microcontrolador é de 9600 bit/s, sendo a mesma velocidade para a comunicação da porta RS 485 com o microcontrolador. Todas estas funções são descritas no “*void setup*”. Na figura 3.40 está transcrita a primeira parte do programa.

```

23 void setup(){
24
25
26     ///////////////setup celula/////////////////
27
28     Serial.begin(9600);
29     Serial1.begin(9600);
30     while (!Serial){}
31     Serial.println("Arranque");
32     delay(2000);
33
34     ///////////////setup stepper/////////////////
35     pinMode(dirPin, OUTPUT);
36     pinMode(stepPin, OUTPUT);
37 }
38 void step(boolean dir,int steps){
39     digitalWrite(dirPin,dir);
40     delay(50);
41     for(int i=0;i<steps;i++){
42         digitalWrite(stepPin, HIGH);
43         delayMicroseconds(periodo);
44         digitalWrite(stepPin, LOW);
45         delayMicroseconds(periodo);}
46     Serial.print("periodo");Serial.print(" ");Serial.print(periodo);
47 }

```

Figura 3.40 *Void setup*

O programa inicia-se e percorre as linhas 28 e 29, referentes à definição da velocidade de comunicação. A linha 30 tem uma condição para garantir que o programa só continua quando recebe o sinal da célula de carga. Nessa altura o programa mostra a mensagem “Arranque” no ecrã do computador do operador e espera 2 segundos. As linhas 38 até 45 são referentes ao motor, definindo quais as portas de entrada e saída para comunicar com o *drive*, na linha 43 e na linha 45 está representada a variável “*período*”, esta variável é que vai impor a velocidade e vai ser definida no *loop*.

```

49 void loop(){
50
51     //////////loop celula //////////
52     float media_gramas;
53     float gramas;
54
55     Serial1.println("#01");
56     delay(50);
57
58
59     if (Serial1.available()){
60         if (offset){
61             massa=Serial1.parseFloat();}
62
63         else
64             {tensao=Serial1.parseFloat();}
65             offset = false;}
66
67     gramas=massa-tensao;
68     gramas=inMass(gramas);
69     // pos7 = pos6;
70     // pos6 = pos5;
71     // pos5 = pos4;
72     //pos4 = pos3;
73     pos3 = pos2;
74     pos2 = pos1;
75     pos1 = gramas;
76     media_gramas = (pos1 + pos2+pos3 )/3;

```

Figura 3.41 Void loop

Na linha 52 está descrita uma variável importante “media_gramas”. Esta variável, como o nome indica, é a média rolante das últimas 3 leituras da célula de carga em g. Cada leitura terá o nome de “gramas” variável que está representada na linha 53. Da linha 55 até 65 é feita a reposição do valor inicial da célula de carga a zero. Isto é, todo o equipamento mais o pó no depósito estão suspensos na célula de carga. Quando a célula de carga é inicializada vai comunicar com o microcontrolador dando a informação do peso que está a suspender, esse valor terá o nome “massa”. Durante o doseamento, o sinal que chega ao microcontrolador da célula de carga tem o nome de “tensao” (em unidades de mV).

Com os nomes das variáveis definidos, o programa vai fazer o zero do valor da célula de carga da seguinte maneira: é criada uma variável de estado, (verdadeiro, falso) com o nome de “offset”. Com essa variável e com o valor “verdadeiro”, linha 60, o programa atribui à primeira leitura que recebe da célula de carga o nome de “massa” linha 61, sendo as leituras seguintes designadas de “tensao”, linha 64, por conseguinte o valor do *offset* passa a “falso” na linha 65.

Como o valor “massa” e o valor “tensao” são iguais na primeira passagem, a sua subtração resulta na variável “gramas” linha 67, essa subtração será 0 na primeira passagem do programa pelo *loop*. Na segunda passagem pelo *loop*, como o valor do *offset* passou entretanto a “falso”, o programa salta para a linha 63, recolhendo uma nova leitura do sinal. Essa leitura “gramas” linha 67, é a quantidade de pó já doseada. Na linha 68 é feita a conversão do valor de mV da célula de carga para g. Com as sucessivas passagens no *loop* o programa vai recolhendo vários valores “gramas”, e para melhor controlar algumas oscilações de valores que eventualmente possam aparecer foi feito uma média rolante dos 3 últimos

valores, essa variável como descrita anteriormente, tem o nome de “media_gramas”, linhas 73 a 76.

Na figura 3.42 está representada a continuação da programação do *void loop*.

```

90  //////////////loop stepper//////////
91
92
93  Serial.print("dose");Serial.print(" ");Serial.print(dose);Serial.print(" ");
94  float erro;
95  erro=dose-media_gramas;
96
97  if (erro<350){perodo=900;
98      }
99
100  else if(erro>349 && erro<900)
101      {perodo=erro;}
102
103  else {perodo=300;}
104
105  if(media_gramas*0.98<=dose){
106      step(false,100);}
107  else {Serial.println(" STOP");}
108
109  }
110

```

Figura 3.42 Void loop part.2

Depois do programa fazer o cálculo do peso médio “ média_gramas” vai mostrar os valores das variáveis “tensao”, “gramas”, ”media_gramas” e a variável “dose” referente à dose de pó que o operador introduziu.

O controlo do motor é feito definindo o período da onda quadrada de *clock*. Contudo, o motor só funciona numa faixa de períodos entre 300 e 900 μ s, fora dessa faixa o motor tem grande dificuldade em mover-se.

Com base nesse controlo foi introduzido uma variável “erro”, esta variável é a diferença entre dose pretendida e o *feedback* da célula de carga linha 95.

O período é limitado aos valores definidos acima, independentemente do valor atual do erro, linhas 97 a 103.

O fim do doseamento é definido logo que seja atingido um erro inferior a 2%, linha 105. Assim garante-se que nunca se ultrapassa o valor pretendido.

Este programa vai interagir com um programa em LabVIEW já existente na empresa, para a comunicação dos dados do *offset*, valores da célula de carga e velocidade do motor, bem como a comunicação da dose pretendida.

O programa foi testado em laboratório utilizando alguns pesos pré-definidos, tendo-se comportado conforme esperado.

4 Considerações Finais

O objetivo desta dissertação foi o desenvolvimento e construção de um doseador automático, com capacidade para 3 L, uma resolução na medição de 1 g e uma pressão máxima de 1 MPa. No projeto do doseador optou-se pela utilização de um duplo fuso movimentado por uma caixa de relação de transmissão com uma razão $i = 1$. A solução desenvolvida ficou compacta e relativamente leve, 3,5 kg todo o conjunto, motor, sistema doseador e depósito, conseguindo-se reduzir 2,5 kg em relação ao doseador existente.

Toda a estrutura mecânica foi modelada com recurso ao software 3D Solidworks, sendo a validação do dimensionamento feita através da ferramenta de simulação Abaqus. Nesta fase, o grande desafio foi aprender a trabalhar no software Abaqus de modo a fazer a simulação de pressão do reservatório, constituído por várias peças, cuja simulação deveria ser feita em conjunto. Uma grande parte do tempo foi gasta nesta etapa, mas acabou por mostrar resultados satisfatórios, uma vez que se descobriram pontos críticos que não eram visíveis no software 3D.

O desafio posterior foi sem dúvida a programação do Arduino, pois enquanto aluno de Engenharia Mecânica o contato com a linguagem de programação de microcontroladores foi escasso. Foi assim necessário muito esforço e alguma leitura para conseguir superar este desafio.

O doseador foi projetado e os componentes mecânicos foram construídos de acordo com os desenhos apresentados. O circuito elétrico de potência e comando foram montados e testados em laboratório com sucesso.

A fabricação dos componentes mecânicos e a aquisição dos componentes eletrónicos tiveram um custo de aproximadamente 4000 euros, não calculando outros custos inerentes, como custo de desenvolvimento, certificação, testes de conformidade, entre outros. Mesmo sendo custo de produção, comparando com o doseador da marca K-Tron cujo preço de venda é de 18000 euros, este equipamento torna-se competitivo a nível de mercado e com requisitos superiores ao existente, nomeadamente a capacidade de trabalhar com pressões elevadas até 1 MPa e com uma resolução na medição até 1 g, mas com a desvantagem de ter um depósito de capacidade muito inferior ao da K-Tron.

Para mim, enquanto aluno de Engenharia, este desafio foi muito enriquecedor. O contacto com a indústria e todos os requisitos que esta exige foi um grande estímulo, bem como a aprendizagem de linguagem de programação, pois é uma ferramenta cada vez mais útil hoje em dia. O contacto com o software de simulação Abaqus foi uma mais-valia na minha aprendizagem pois torna-se muito útil para a simulação de todo o tipo de matérias e esforços aplicados. Em suma, este projeto foi muito gratificante, tanto do ponto de vista técnico como pessoal.

5 Referências e Bibliografia

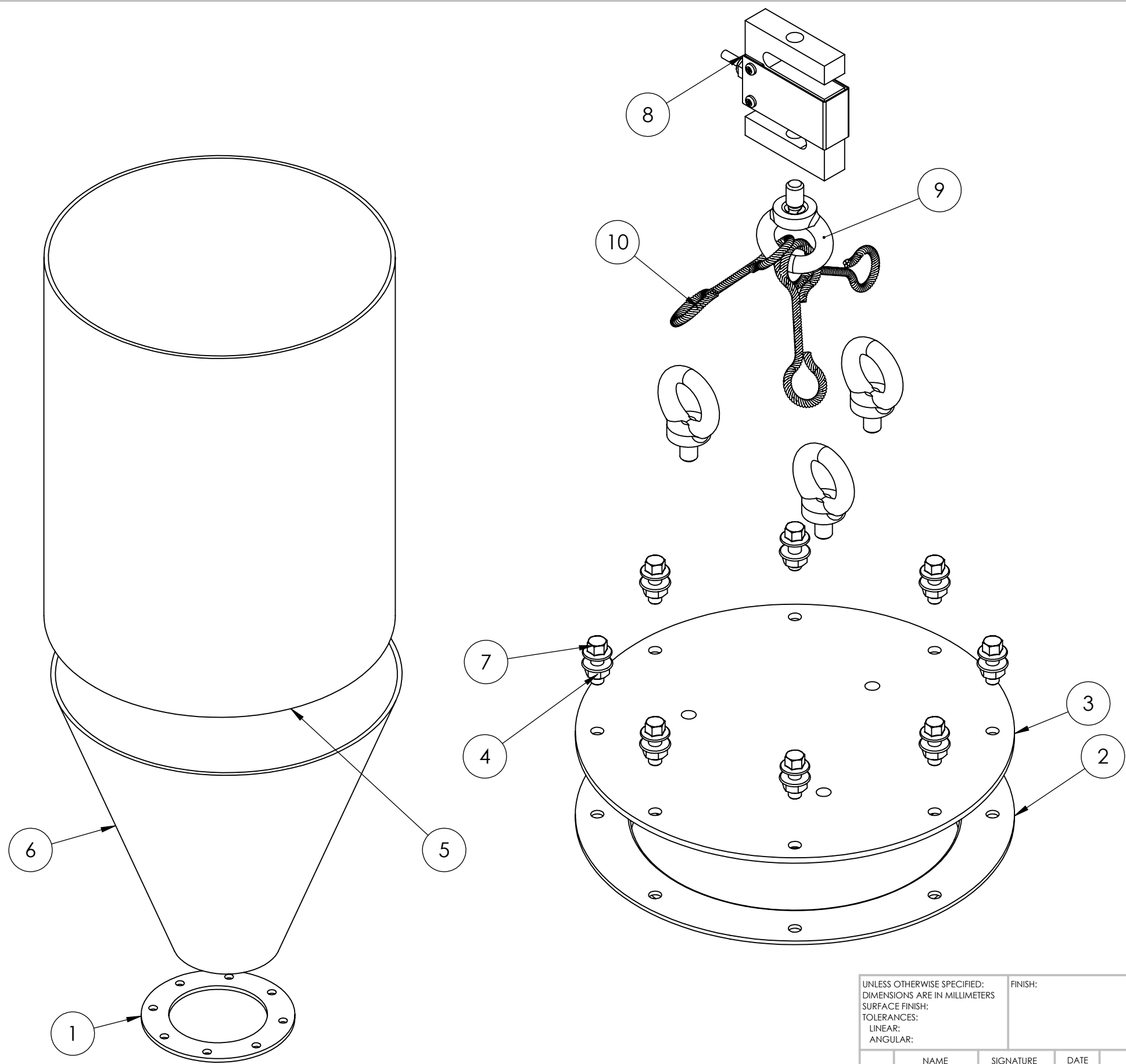
1. *Paralab*. Available from: <http://www.paralab.pt/>.
2. *Lambda*. [20-06-2015]; Available from: http://www.lambda-instruments.com/?pages=powder_dosing_description.
3. *Coperion K-Tron*. [28-6-2015]; Available from: <http://www.ktron.pt/>.
4. *Parimix*. Available from: <http://parimix.com/en/>.
5. Arriola, L.T., *Transporte Y Almacenamiento de materias primas en la industria básica* Vol. 2. 1969: EDITORIAL BLUME
6. *Stepper nema 17*. [28-6-2015]; Available from: <http://www.inmotion.pt/pt/motors/1180-nema-17-bipolar-48mm-stepper.html>.
7. Moraes, S., *Desenho Técnico Básico* 3.
8. *Abacus Tutorial*. Available from: http://rcc.its.psu.edu/resources/software/abaqus/ABAQUS_01_21_2011.pdf.
9. *Alacermas*. [28-6-2015]; Available from: http://www.alacermas.com/img/galeria/files/aluminio/chapa_5754_aluminio.pdf.
10. *Omega*. [28-6-2015]; Available from: <http://es.omega.com/pptst/LC101.html>.
11. *Advantech*. [28-6-2015]; Available from: <http://buy.advantech.eu/ADAM-4016-A2E/ADAM-4016-A2E/model-ADAM-4016-A2E.htm>.
12. *Linksprite*. [28-6-2015]; Available from: http://linksprite.com/wiki/index.php5?title=RS485_Shield_for_Arduino.
13. *Arduino*. [28-6-2015]; Available from: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/HomePage>.
14. *Pololu*. [28-6-2015]; Available from: <https://www.pololu.com/product/2132>.
15. *Eagle*. [28-6-2015]; Available from: <http://www.cadsoftusa.com/eagle-pcb-design-software/about-eagle/>.
16. *Deltaww*. [28-6-2015]; Available from: <http://www.deltaww.com/Products/CategoryListT1.aspx?CID=060407&hl=en-US>.

6 ANEXO A: Tabelas técnicas

Tabela 6.1 Coeficiente de atrito do material

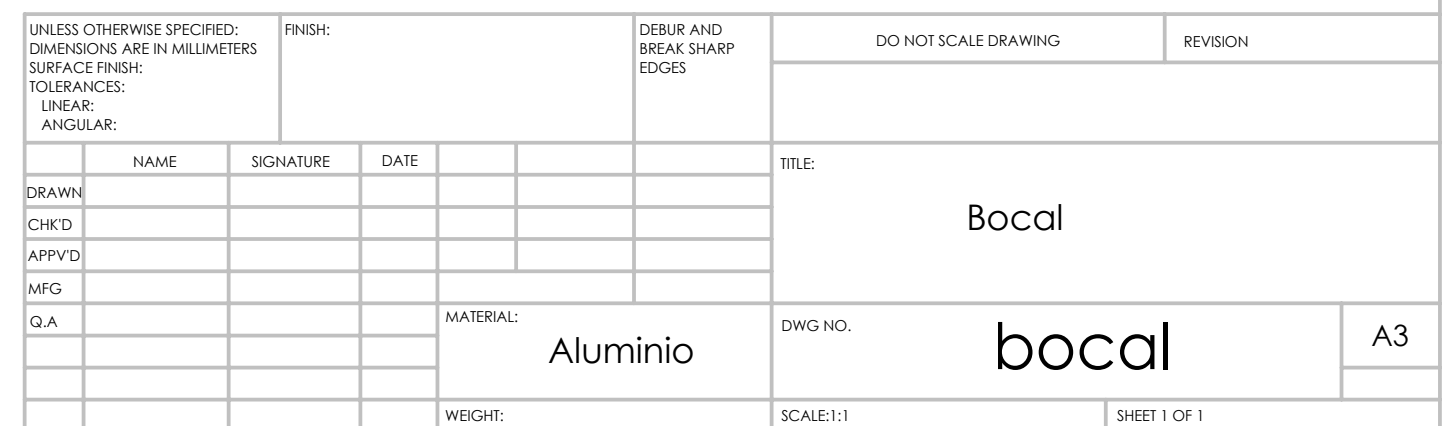
TABLA LVII		
MATERIAL	Tipo de material	Coeficiente de resistencia C_2
Almendras	B	2
Almidón pulverizado	A	2,8
Amianto molido	C	4
Arcilla seca en trozos	C	4
Arsénico (óxido)	B	3,4
Avena	A	2,3
Azúcar suelta	A	3,5
Bórax	B	3,8
Cacahuètes, sin cáscara	B	2
Carbón (hulla) 0-35 mm.	B	3,5
Carbón (polvo)	A	2,3
Carbón seco	C	3,5
Cáscaras de naranja (secas)	B	4
Cebada	A	2,3
Cebada para cervecerías, seca	B	2
Cemento suelto	B	3
Ceniza húmeda, suelta	C	3,5
Copra	A	2,3
Corcho triturado (0,2 mm.)	B	3,8
Espato fluor	B	3
Grafito en polvo	A	2
Grava seca	C	5
Harina de pescado	A	2,3
Harina, suelta	A	2,3
Ladrillos partidos, tamaño 0-12 mm.	C	3
Leche en polvo	A	2
Levadura en polvo	C	8
Lignito 0-0,8 mm.	B	3
Linaza (semillas)	A	2
Lodo de aguas residuales	B	2,8
Maíz	A	2
Malta seca (hasta 3 mm.)	A	2
Magnesia quemada	B	3,4
Mineral de hierro, suelto	C	5
Na_2O_3	C	3
Oxido de cinz	B	4
Patatas	A	2,5
Sal de calcio	C	3,5
Sal de Glauber	B	3,4
Salvado	A	2,5
Schlamms de carbón	C	3,5
Semillas de algodón, secas	A	2,3
Semillas de soja	A	2,3
Sémola	A	2,3
Sosa	A	4
Sulfuro férrico	C	3,5
Tabaco picado	C	2,8
Talio	A	2,8
Tierra seca	B	4
Trigo	B	4
Turba seca	A	2,3
Yeso, partido	B	3,2
	C	4

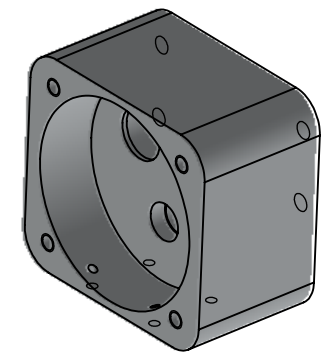
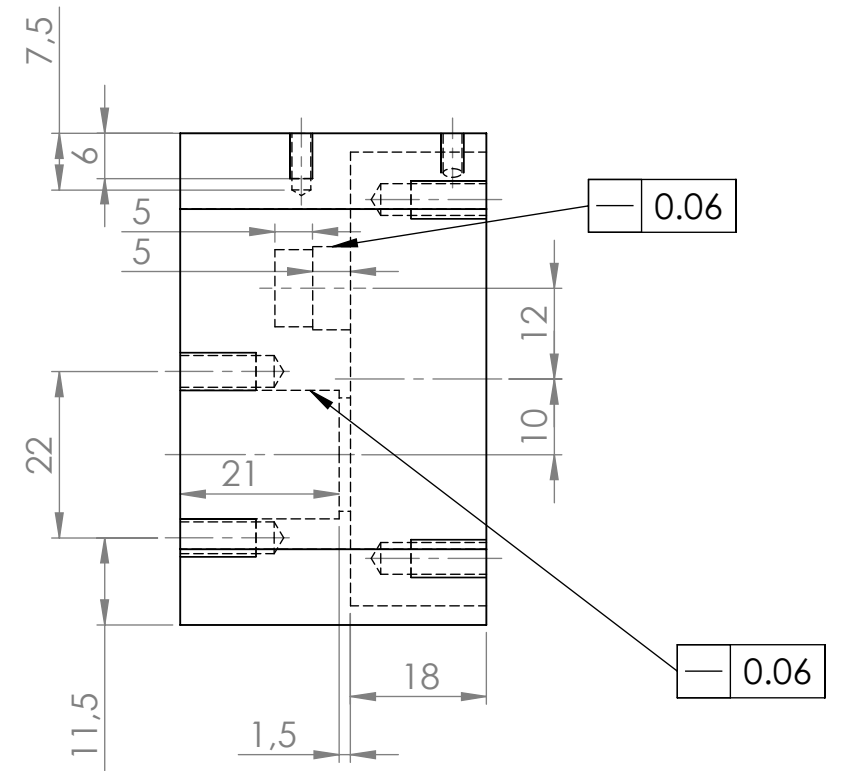
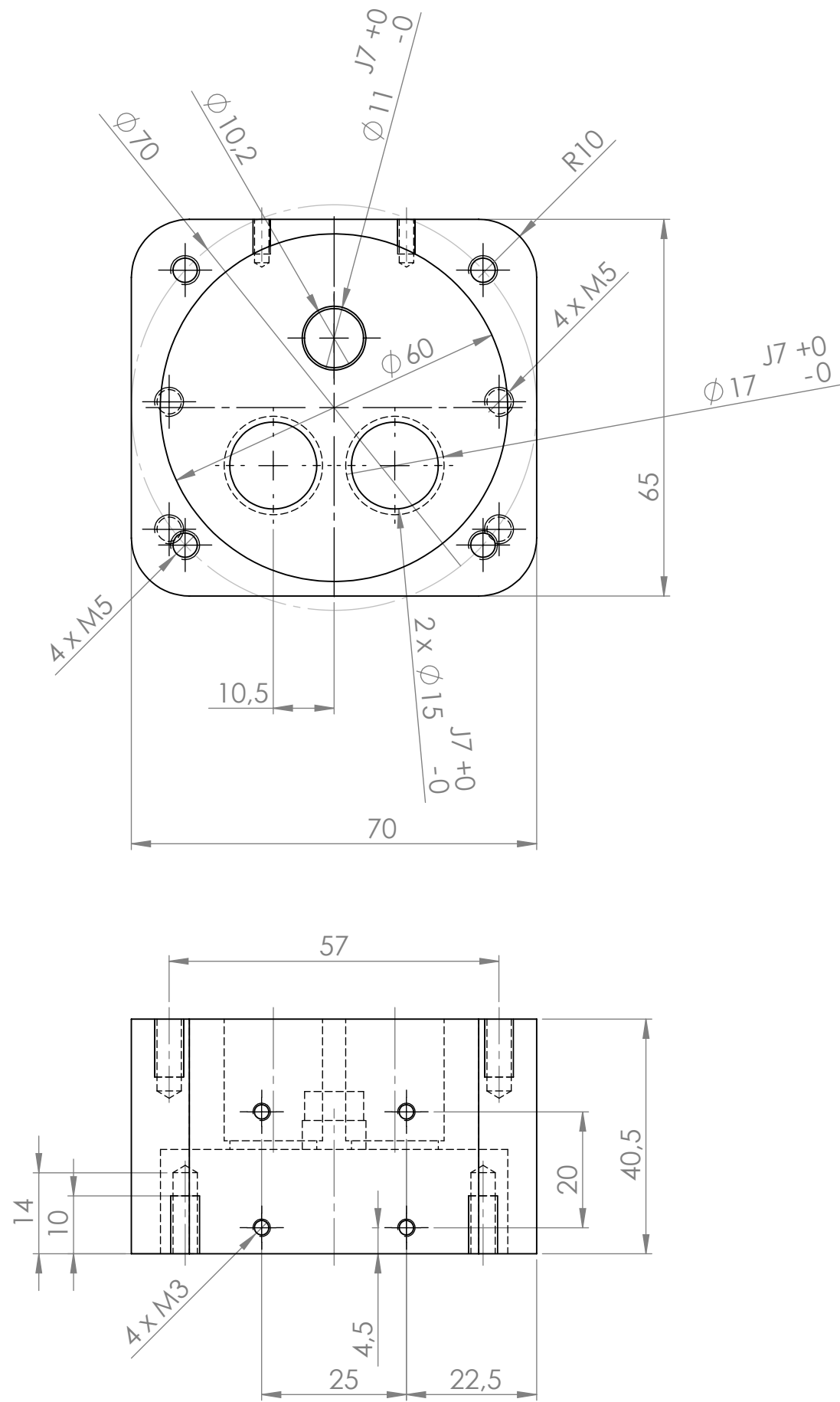
7 ANEXO B: Desenhos técnicos



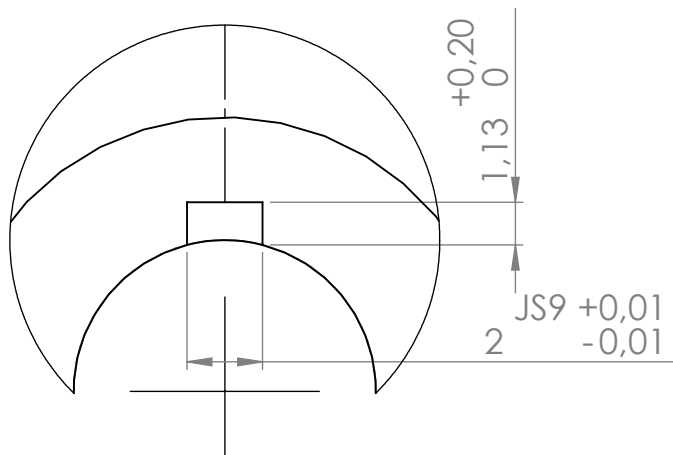
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	anel fixador 45x1.5	1
2	aba superior deposito 10bar	1
3	tampa reservatorio 10 bar	1
4	Hexagon Flange Nut ISO - 4161 - M6 - N	8
5	deposito parte 1 10bar	1
6	deposito Parte 2 10bar	1
7	ISO 4162 - M6 x 16 x 16-N	8
8	load cell	1
9	Eyebolt DIN 358-M8	4
10	cabo de aço	3

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN				NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE:		
CHK'D										Desenho de Conjunto do Deposito		
APPV'D												
MFG												
Q.A										DWG NO.		
										panela conjunto		
										A3		
										SCALE:1:2		
										SHEET 1 OF 1		

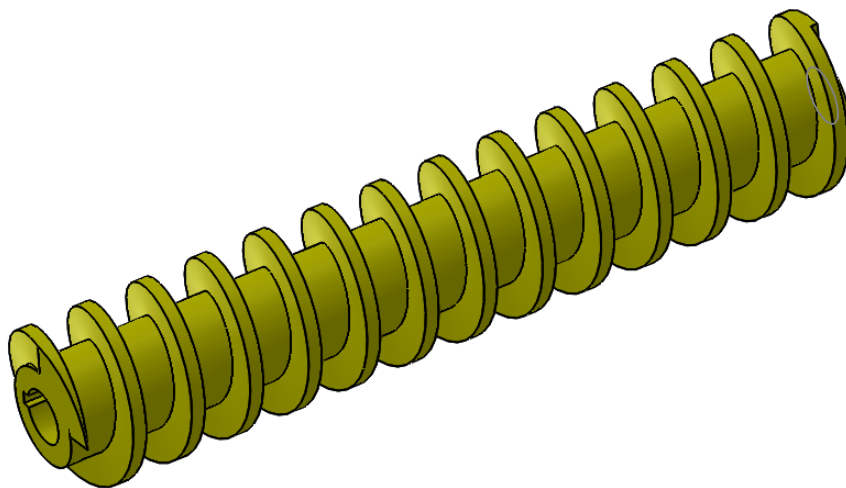
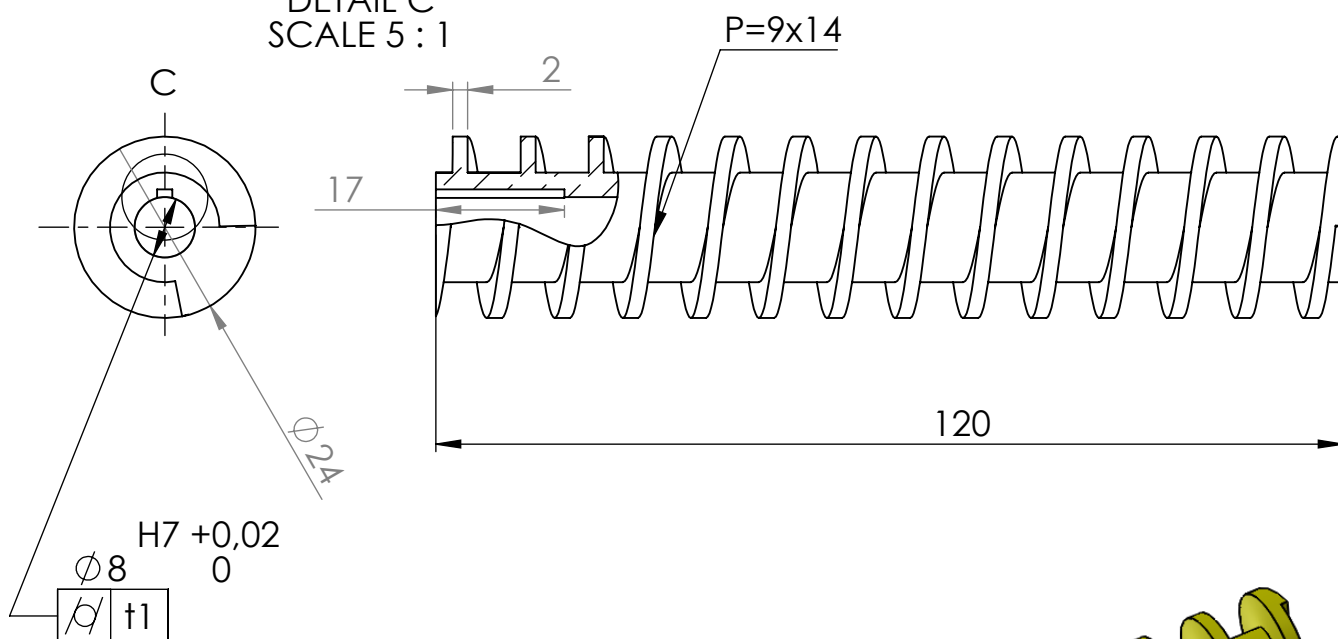




UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION			
	NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE: Caixa				
DRAWN													
CHK'D													
APPV'D													
MFG													
Q.A					MATERIAL: Aluminio			DWG NO.		caixa		A3	
					WEIGHT:			SCALE:1:1		SHEET 1 OF 1			



DETAIL C
SCALE 5 : 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES: ISO 8015
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
			MATERIAL:		
			aluminio		
			WEIGHT:		

TITLE:

FUSO

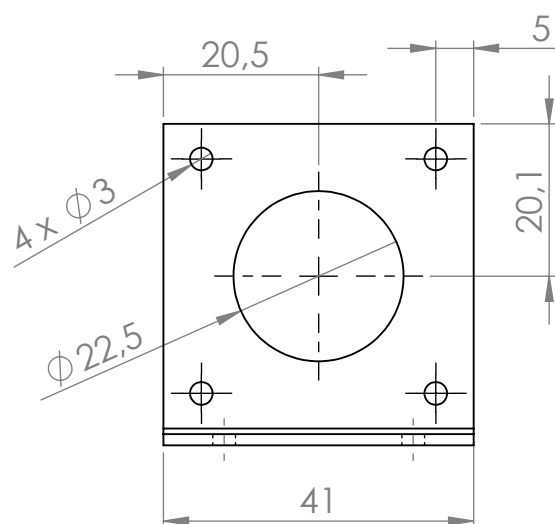
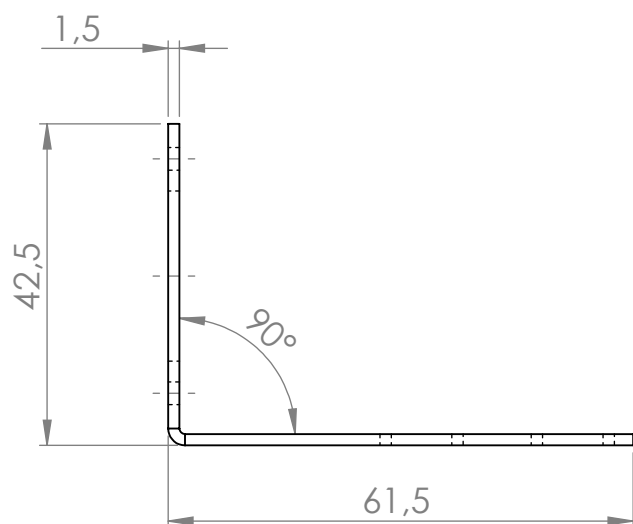
DWG NO.

fuso principal

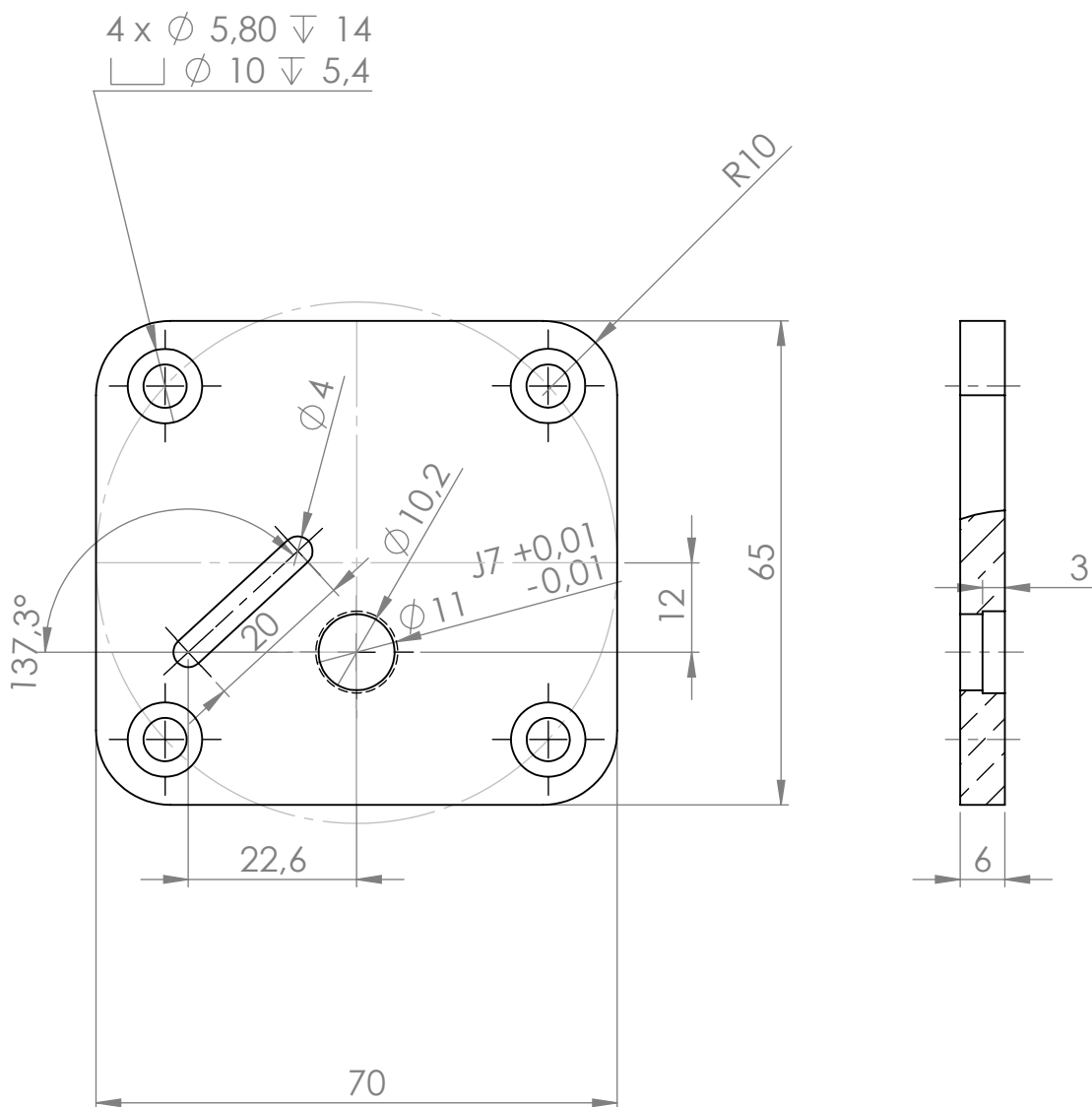
A4

SCALE: 1:1

SHEET 1 OF 1



TITLE:		Suporte motor	
DWG NO.	suporte motor	A4	
SCALE:1:1		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
 DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 SURFACE FINISH:
 TOLERANCES:
 LINEAR:
 ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
 BREAK SHARP
 EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE			
DRAWN						
CHK'D						
APPV'D						
MFG						
Q.A						

MATERIAL:

Aluminio

WEIGHT:

TITLE:

Tampa

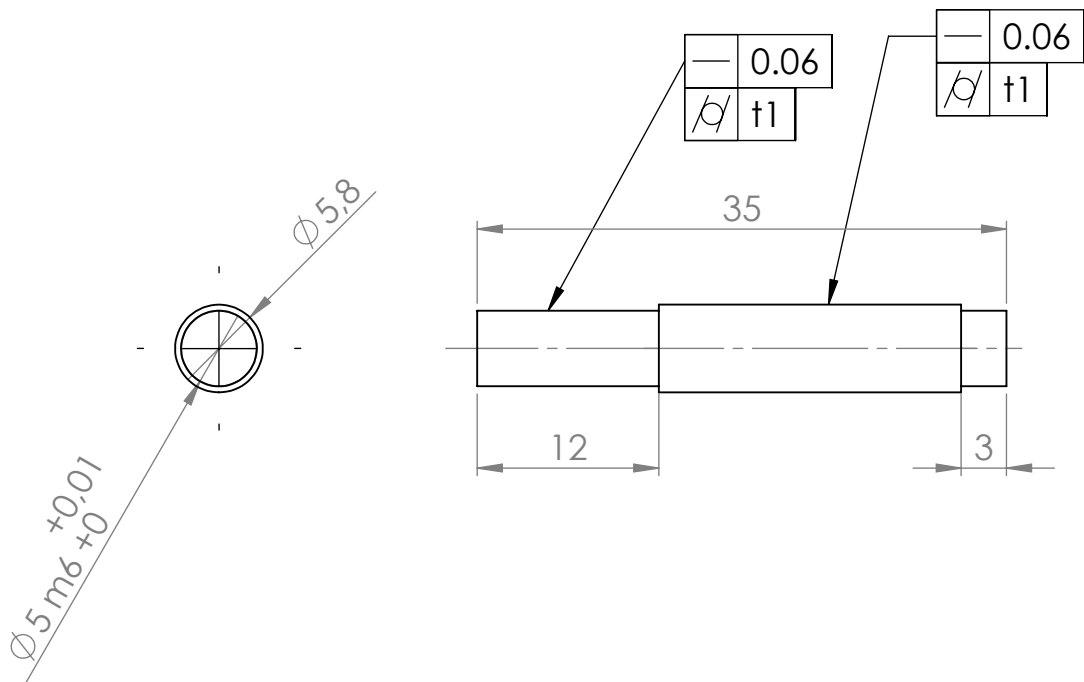
DWG NO.

tampa

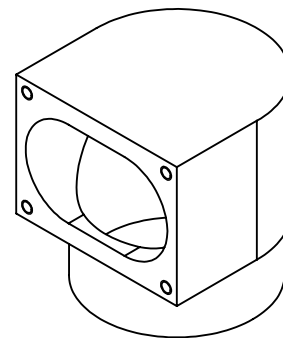
A4

SCALE:1:1

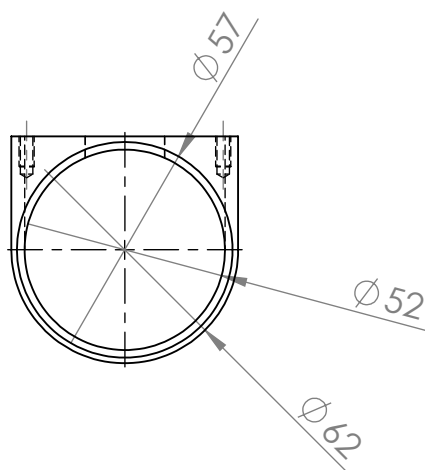
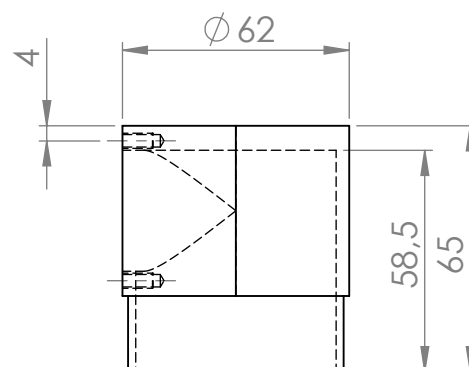
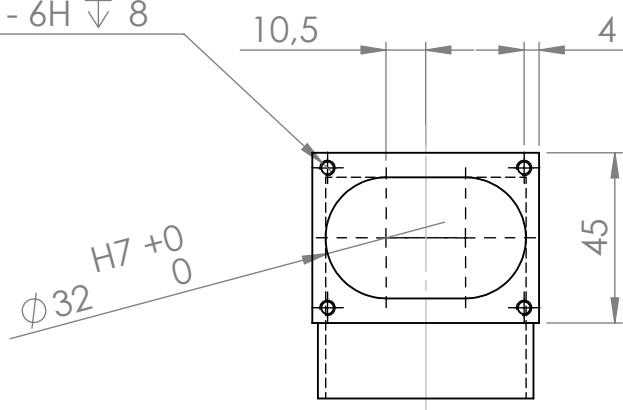
SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE		TITLE: Veio Trator		DWG NO. veio trator	
DRAWN									
CHK'D									
APPV'D									
MFG									
Q.A				MATERIAL: Alumino		SCALE:2:1		SHEET 1 OF 1	
				WEIGHT:					



4 x $\varnothing$ 3,3 ∇ 10
M4 - 6H ∇ 8



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
			MATERIAL:		
			Aluminio		
			WEIGHT:		

TITLE:

Adaptador mangueira

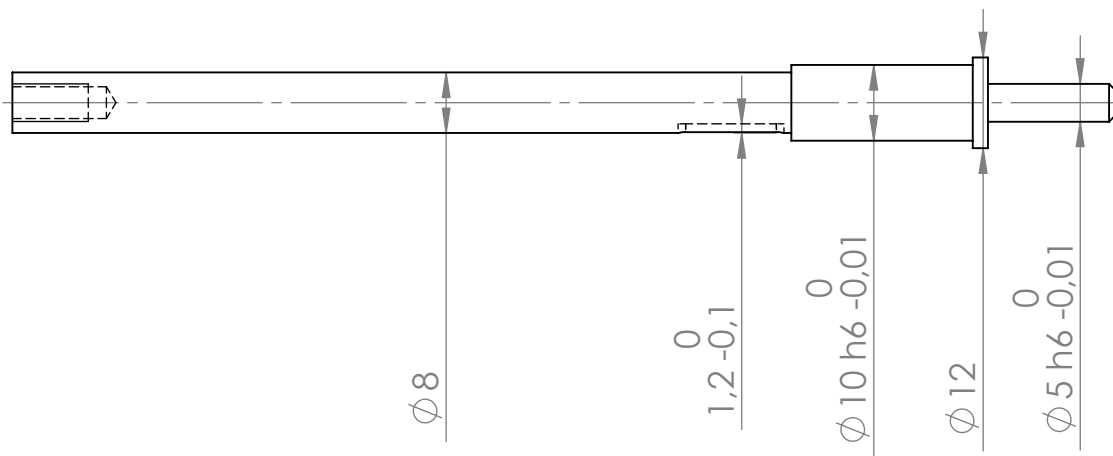
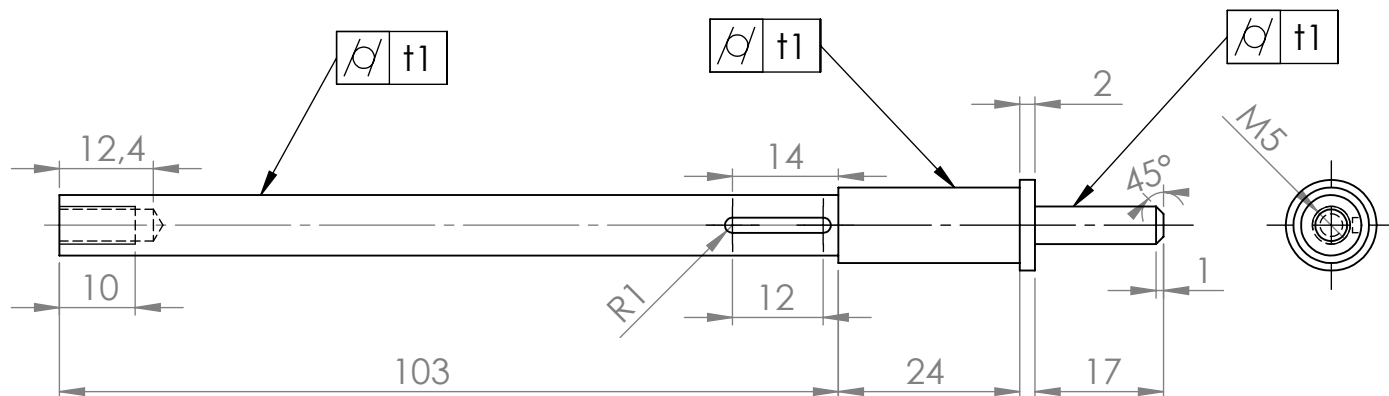
DWG NO.

adaptador

A4

SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
			MATERIAL:		
			aluminio		
			WEIGHT:		

TITLE:

veio

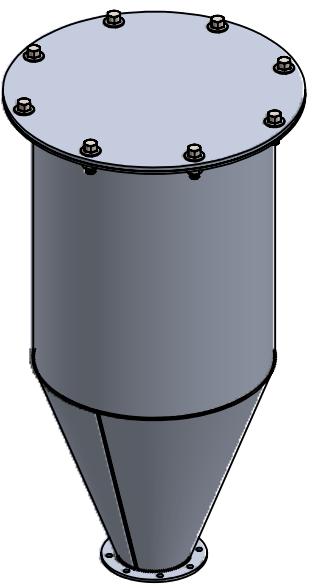
DWG NO.

veio

A4

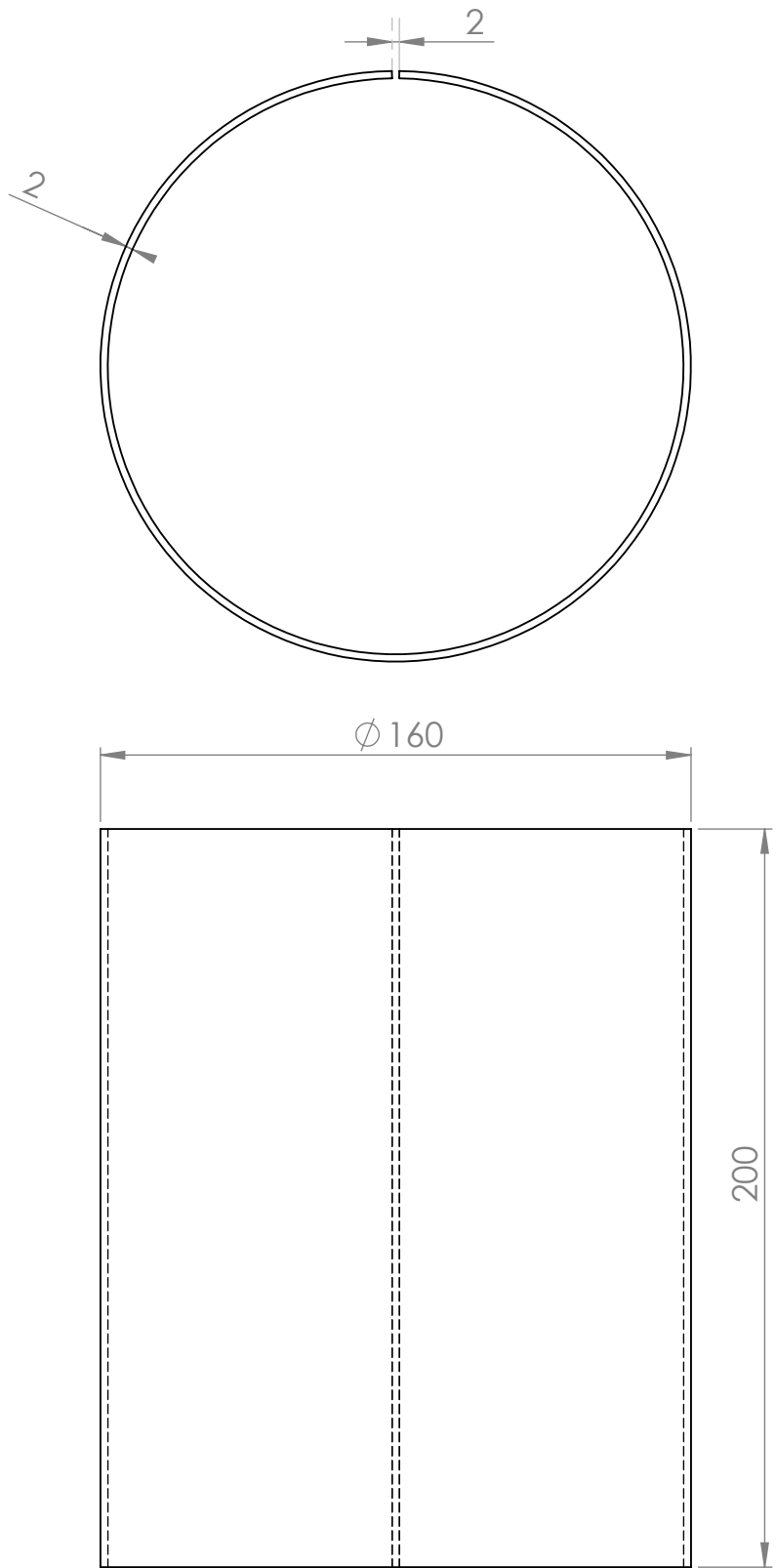
SCALE:1:2

SHEET 1 OF 1



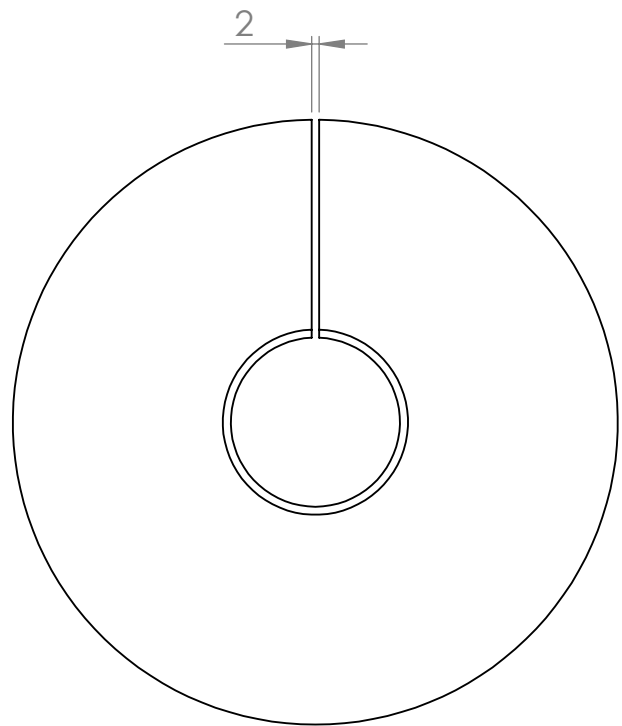
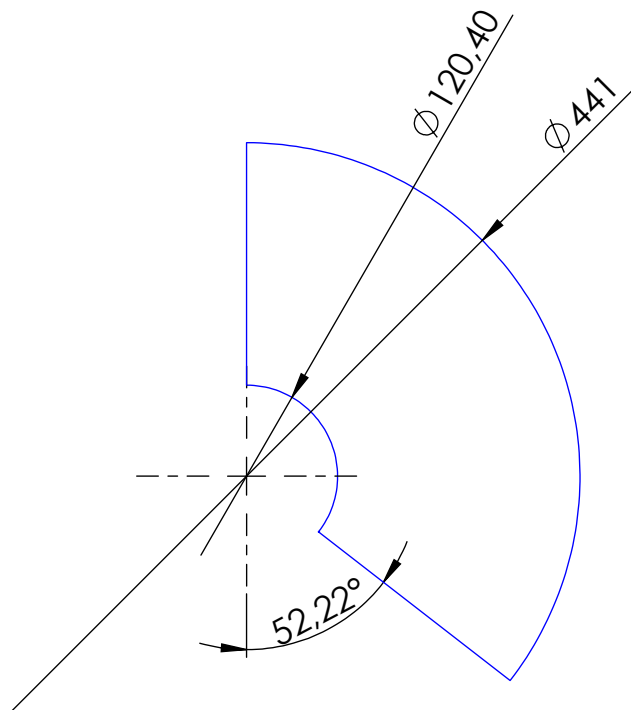
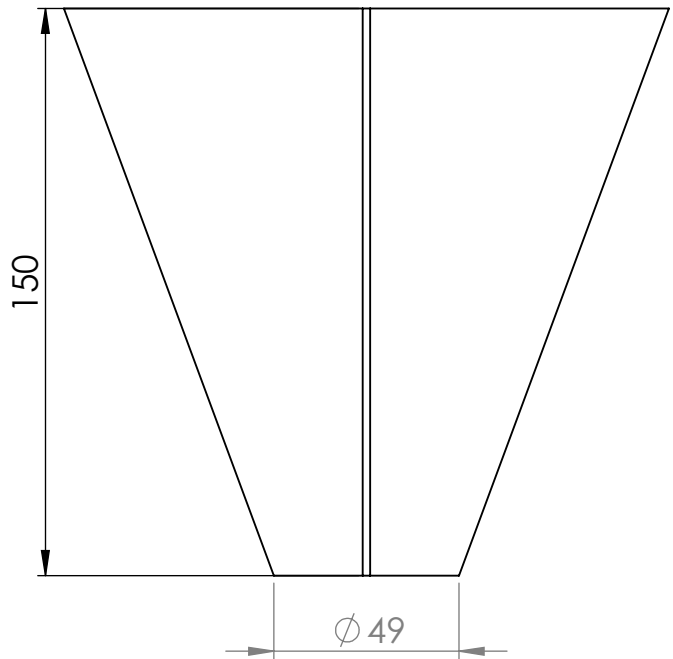
ITEM NO.	PART NUMBER	QTY.
1	anel fixador 45x1.5	1
2	aba superior deposito 10bar	1
3	tampa reservatorio 10 bar	1
6	deposito parte 1 10bar	1
7	deposito Parte 2 10bar	1

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
		NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE:	
DRAWN											
CHK'D											
APP'VD											
MFG											
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.		Deposito	
										A3	
						WEIGHT:		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1	



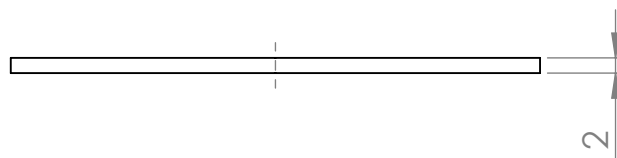
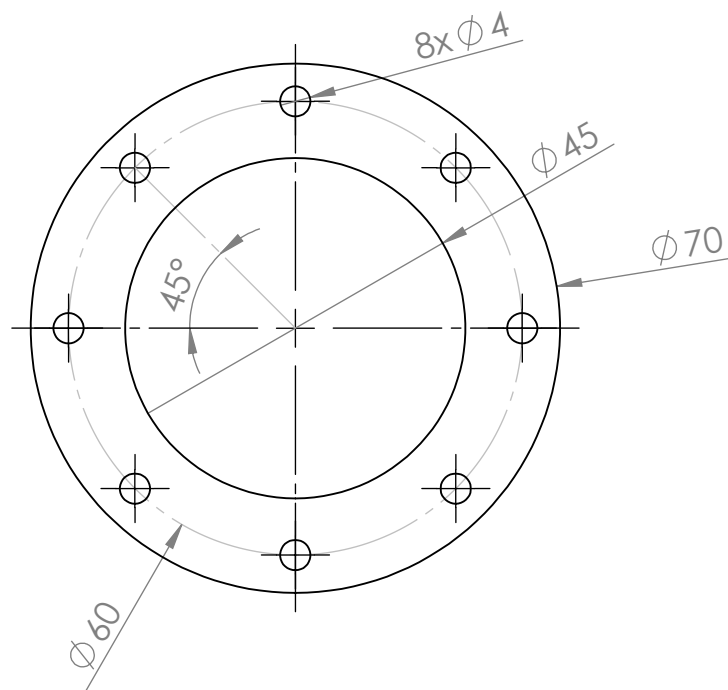
chapa de aluminio de 494.4x200x2

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
DRAWN		NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: deposito parte 1					
CHK'D										
APPV'D										
MFG										
Q.A					MATERIAL: Al liga 5754		DWG NO.		deposito part 1	
									A4	
					WEIGHT:		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1	

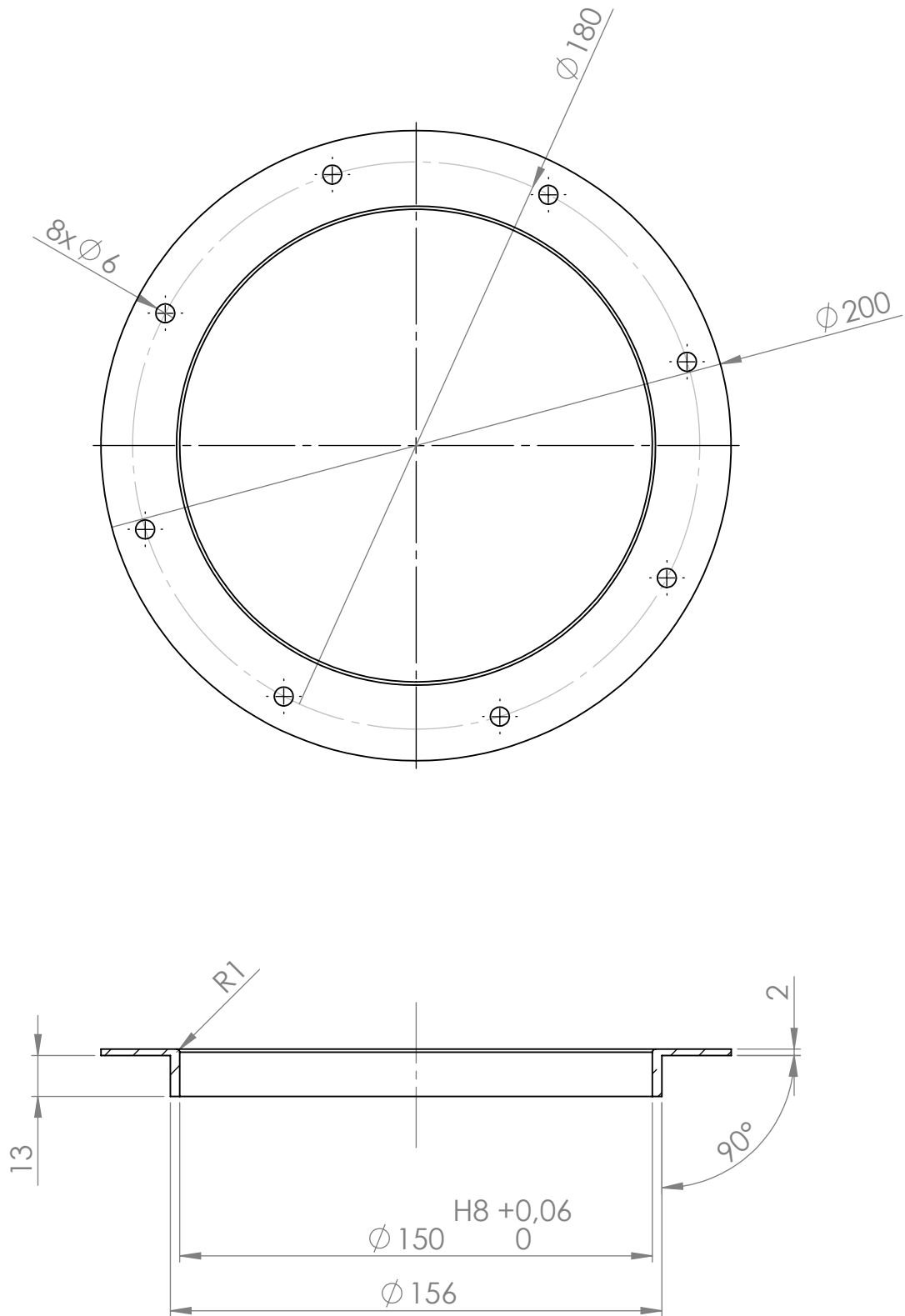


chapa de 2 mm

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:		FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION		
		NAME	SIGNATURE	DATE			TITLE:			
DRAWN										
CHK'D										
APPV'D										
MFG										
Q.A				MATERIAL:		DWG NO		deposito part 2 10bar		
				Al liga 5754						
				WEIGHT:		SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1		



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:				FINISH:		DEBUR AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING		REVISION	
NAME		SIGNATURE		DATE				TITLE:			
DRAWN								Anel Fixador inferior			
CHK'D											
APPV'D											
MFG											
Q.A						MATERIAL:		DWG NO.		A4	
						Al Liga 5754		anel fixador 45x2			
						WEIGHT:		SCALE: 1:1		SHEET 1 OF 1	



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
			MATERIAL:		
			Al liga 5754		
			WEIGHT:		

TITLE:

Aba superior deposito

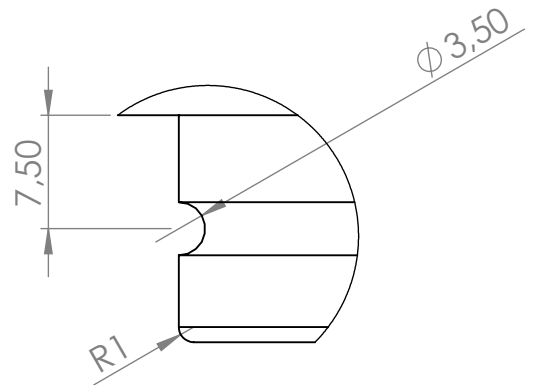
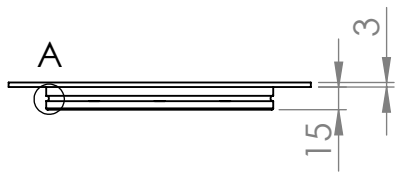
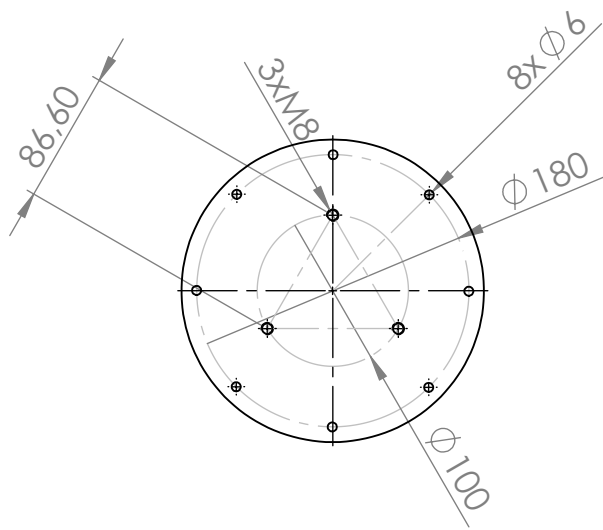
DWG NO.

Aba superior deposito

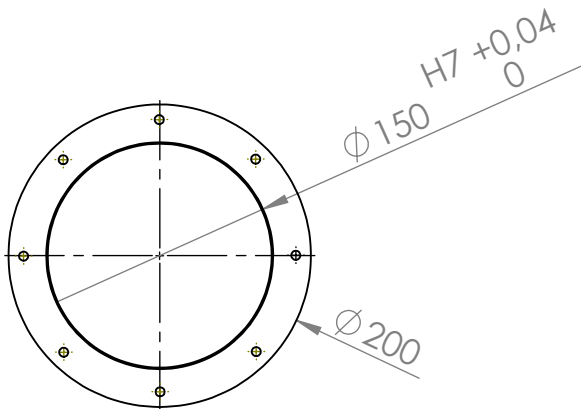
A4

SCALE: 1:2

SHEET 1 OF 1



DETAIL A
SCALE 2 : 1



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
SURFACE FINISH:
TOLERANCES:
LINEAR:
ANGULAR:

FINISH:

DEBUR AND
BREAK SHARP
EDGES

DO NOT SCALE DRAWING

REVISION

	NAME	SIGNATURE	DATE		
DRAWN					
CHK'D					
APPV'D					
MFG					
Q.A					
			MATERIAL:		
			Aluminio		
			WEIGHT:		

TITLE:		A4	
Tampa reservatorio		DWG NO.	
		Tampa reservatorio	
SCALE:1:5		SHEET 1 OF 1	